*Chủ biên:* PGS. TS. NGUYỄN VIẾT TRUNG
ThS. LÊ THANH LIÊM

# CỌC KHOAN NHỒI
# TRONG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

*(Tái bản)*

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

# LỜI NÓI ĐẦU

*Cùng với sự phát triển của nền kinh tế quốc dân, ngành xây dựng nói chung và xây dựng giao thông nói riêng cũng phát triển với tốc độ rất nhanh. Những công trình lớn mọc lên ngày càng nhiều như nhà cao tầng, cầu cống, sân bay, bến cảng... hầu hết các công trình này đều phải dùng tới móng cọc. Đặc biệt khi xây dựng các cầu lớn vượt khẩu độ từ 50m đến hàng trăm mét trên hệ móng cọc đường kính lớn, chiều dài cọc lớn trong điều kiện địa chất phức tạp như có nhiều lớp đất yếu, có castơ, hoặc ở nơi nước sâu... là một trong những thách thức lớn đối với ngành xây dựng công trình giao thông.*

*Tuy nhiên cho đến nay, cùng với các công nghệ đúc hẫng cân bằng và đúc đẩy phân đoạn thì công nghệ thi công cọc bằng phương pháp khoan nhồi đã được phát triển hiệu quả ở nước ta. Các công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn đã giải quyết các vấn đề kỹ thuật móng sâu trong nền địa chất phức tạp, đã tạo thế chủ động cho ngành xây dựng công trình giao thông, không những trong thi công các công trình cầu lớn mà cho cả công trình cảng biển, cảng sông, nhà cao tầng...*

*Cuốn sách* ***"Cọc khoan nhồi trong công trình giao thông"*** *được biên soạn với lòng mong mỏi cung cấp một tài liệu tham khảo cho các kỹ sư xây dựng giao thông khi thiết kế cũng như khi thi công móng cọc khoan nhồi; Một số thí dụ về kinh nghiệm thi công và thử tải cọc khoan nhồi cho công trình cầu ở cả miền Bắc, Trung, Nam của nước ta đã được giới thiệu trong sách. Tham gia biên soạn gồm các tác giả:*

*- PGS.TS. Nguyễn Viết Trung chủ biên và viết các chương 1, 2, 3, 4.*

*- Th.S. Lê Thanh Liêm viết các chương 5, 6.*

*Sách được biên soạn lần đầu, chắc không tránh khỏi thiếu sót, các tác giả mong nhận được sự phê bình góp ý của độc giả để hoàn thiện sách cho lần xuất bản sau và xin chân thành cảm ơn.*

*Thư từ liên hệ xin gửi về Nhà xuất bản Xây dựng - 37 Lê Đại Hành - Hà Nội, hoặc liên hệ trực tiếp với tác giả theo số điện thoại 0913.555.194; Email: viettrungng @ hn.vnn.vn.*

**Các tác giả**

## Chương I

# ÁP DỤNG MÓNG CỌC KHOAN NHỒI TRONG XÂY DỰNG CẦU

## 1.1. MỞ ĐẦU

Xây dựng các cầu lớn vượt khẩu độ từ 50 m đến hàng trăm mét trên hệ móng cọc đường kính lớn, chiều dài cọc lớn trong điều kiện địa chất phức tạp như có nhiều lớp đất yếu, hoặc có castơ, hoặc ở nơi nước sâu là một trong những thách thức lớn đối với Ngành xây dựng công trình giao thông.

Cho đến nay cùng với các công nghệ đúc hẫng cân bằng và đúc đẩy phân đoạn thì công nghệ thi công cọc bằng phương pháp khoan nhồi có đường kính 1,0 ÷ 2,5m đã được phát triển hiệu quả ở nước ta. Lần đầu tiên ngành xây dựng cầu đã ứng dụng công nghệ cọc khoan nhồi đường kính $\phi$1,4m hạ sâu 30m khi thi công cầu Việt Trì. Đến nay việc thi công cọc khoan nhồi có đường kính từ 1 ÷ 2m hạ sâu trong đất từ 40 ÷ 60m, thậm chí sâu đến 80 - 100 m đang là giải pháp chủ yếu để giải quyết kỹ thuật móng sâu, trong các điều kiện địa chất đất yếu hoặc phức tạp cho các công trình vượt nhịp lớn. Loại cọc khoan nhồi đường kính lớn này đã được xây dựng ở hầu hết các cầu lớn trong khoảng 5 năm gần đây như cầu Việt Trì, Sông Gianh, Hàm Rồng, Đuống, Bắc Giang, Đáp Cầu, Hòa Bình, Quán Hàu (Hòa Bình), Lạc Quần (Nam Định) (đường kính $\phi$1,5m sâu 84m), Tân Đệ, Quý Cao, Non Nước, Kiền v.v... ở miền Bắc, miền Trung và những cầu ở miền Nam như Mỹ Thuận (đường kính $\phi$2,5m sâu 100m), cầu Bình Phước TP. Hồ Chí Minh (đường kính $\phi$2,0m sâu hơn 80m), v.v...

Các công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn đã giải quyết các vấn đề kỹ thuật móng sâu trong nền địa chất phức tạp, ở những nơi mà các loại cọc đóng bằng búa xung kích hay búa rung có mặt cắt vuông hoặc tròn với đường kính nhỏ $\phi$ < 60cm, loại cọc ống thép không thực hiện được hoặc chúng đòi hỏi kinh phí xây dựng rất cao, tiến độ thi công kéo dài và hơn nữa có thể không đảm bảo độ bền công trình.

Công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn đã tạo thế chủ động cho ngành xây dựng công trình giao thông của nước ta, không những trong thi công các công trình cầu lớn mà cho cả công trình cảng biển, cảng sông, nhà cao tầng. Để tìm hiểu phân tích, đánh giá một số chỉ tiêu về kinh tế, kỹ thuật của dạng móng cọc này cần có thời gian nghiên cứu việc ứng dụng nó vào các công trình xây dựng đã qua và tổng kết công nghệ, đưa ra nhận xét rút kinh nghiệm cho các công trình tương lai khác.

## 1.2. KHÁI QUÁT VỀ ĐẶC ĐIỂM SỬ DỤNG MÓNG CỌC KHOAN NHỒI TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

Hiện nay, ngành xây dựng ở nước ta đã đạt được những thành tựu đáng kể, nhất là trong công nghệ xây dựng nền móng nói chung và trong xây dựng móng cọc nói riêng . Chúng ta đã có các phương tiện, thiết bị thi công và kiểm tra chất lượng khá hiện đại, cho nên việc lựa chọn móng cọc không bị ràng buộc do thiếu thiết bị nữa. Trong xây dựng công trình việc lựa chọn dạng móng cọc hợp lý là một trong những yếu tố then chốt quyết định đến độ an toàn, tin cậy và giá thành hợp lý mang lại hiệu quả kinh tế.

Cọc khoan nhồi (hay còn gọi cọc đổ bê tông tại chỗ) được tạo ra bằng một quá trình nhiều công đoạn gồm: dùng thiết bị máy khoan hoặc đào đất để tạo lỗ trong đất tới cao độ thiết kế, hạ lồng cốt thép vào trong lỗ khoan, đổ bê tông tại chỗ để tạo thành cọc bê tông cốt thép.

Cọc khoan nhồi có kích thước mặt cắt, chiều dài cọc lớn (đường kính cọc tới 300cm, chiều dài cọc có thể dài đến 120m), chịu được tải trọng ngang lớn. So với các loại cọc khác (trừ cọc ép) thì cọc khoan nhồi thi công thuận lợi trong các vùng gần công trình đã xây trước, trong khu đông dân cư. Quá trình thi công ít gây ảnh hưởng đến các công trình bên cạnh và không gây tiếng ồn lớn. Với đặc điểm thi công là công đoạn khoan tạo lỗ đi trước nên có thể kiểm tra lại điều kiện địa chất công trình của từng cọc và có thể dễ dàng thay đổi kích thước, nhất là chiều sâu để phù hợp với điều kiện địa chất công trình thực tế;

*Phạm vi áp dụng của cọc khoan nhồi:*

+ Thích hợp với các loại nền đất đá, kể cả vùng có hang castơ;

+ Thích hợp cho các công trình cầu lớn, tải trọng nặng, địa chất nền móng là đất yếu hoặc có địa tầng thay đổi phức tạp.

+ Thích hợp cho nền móng các công trình cầu vượt xây dựng trong thành phố hay đi qua khu dân cư đông đúc vì nó đảm bảo được các vấn đề về môi trường cũng như tiến độ thi công cầu.

+ Thích hợp cho móng có tải trọng lớn như: Nhà cao tầng có tầng ngầm, các công trình cầu (cầu dầm giản đơn, cầu khung T, cầu dầm liên hợp liên tục, cầu treo dây xiên, nhất là khi kết cấu nhịp siêu tĩnh vượt khẩu độ lớn, tải trọng truyền xuống móng lớn mà lại yêu cầu lún rất ít hay hầu như không lún).

*Tuy nhiên khi chọn phương án cọc khoan nhồi cần phải xét đến các nhược điểm sau:*

- Giá thành trên 1m dài cọc hiện vẫn còn cao so với các loại hình cọc đóng, cọc ép, cọc rung hạ;
- Việc kiểm tra chất lượng cọc khoan thường chỉ thực hiện được sau khi đã thi công xong cọc. Chi phí cho thiết bị kiểm tra chất lượng tương đối cao. Thí nghiệm thử tải cọc phức tạp và giá thành cao;
- Suất huy động cường độ vật liệu cấu tạo cọc thấp;
- Chất lượng cọc tùy thuộc trình độ và công nghệ đổ bê tông cọc;

- Mức độ chiết giảm ma sát mặt bên cọc và sức kháng mũi cọc nhiều hơn so với các loại cọc khác;
- Dễ sụt thành vách lỗ khoan trong giai đoạn tạo lỗ, điều này ảnh hưởng đến tính chất làm việc của đất xung quanh cọc, tại chân cọc, làm thay đổi kích thước tiết diện cọc, tăng khối lượng bê tông và trọng lượng bản thân cọc một cách vô ích;
- Chi phí khảo sát địa chất công trình cho việc thiết kế móng cọc khoan nhồi cao hơn nhiều so với móng cọc khác. Bởi vì, việc thiết kế cọc khoan nhồi cần biết chi tiết về các tính chất cơ-lý- hoá của đất, nước, cần dự báo đúng về các hiện tượng cát chảy, đất sập.v.v.. .

## 1.3. MỘT SỐ TRƯỜNG HỢP ÁP DỤNG MÓNG CỌC KHOAN NHỒI TRONG CÁC CÔNG TRÌNH CẦU

Trong những năm gần dây cùng với sự phát triển các công trình xây dựng có quy mô lớn trong các ngành xây dựng công nghiệp, nhà cao tầng. Móng cọc khoan nhồi cũng đã được nghiên cứu và áp dụng nhiều trong xây dựng cầu đường, bến cảng ở những vùng đất yếu, địa chất phức tạp điển hình như sau:

### 1.3.1. Một số trường hợp điển hình

- Móng trụ cầu Việt Trì (Phú Thọ) sử dụng 36 cọc khoan nhồi đường kính 130cm, dài 29m, khả năng chịu tải của cọc $800 \div 840$T. Cọc xuyên qua địa tầng cát-đá granite phong hóa, chân cọc tựa trên đá granite nguyên khối bằng máy khoan TRC 1500 của Nhật, trong thi công đã giữ ổn định vách lỗ khoan bằng nước;

- Móng trụ cầu Đông Kinh (Lạng Sơn) sử dụng 8 cọc khoan nhồi đường kính 100cm, dài $10 \div 15$m, khả năng chịu tải của cọc $500 \div 600$T. Cọc xuyên qua địa tầng có hang động castơ, chân cọc tựa trên nền đá vôi . Thi công bằng máy khoan GPS 1500 của Trung Quốc;

- Móng mố trụ cầu sông Gianh (Quảng Bình) dùng 44 cọc khoan nhồi đường kính 130cm, dài $32 \div 35$m, khả năng chịu tải của cọc $850 \div 1000$T. Cọc xuyên qua địa tầng lớp sét-sét dẻo mềm đến dẻo cứng, ngàm vào tầng cuội 2-3m. Thi công bằng máy khoan TRC 1500 của Nhật, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Móng mố trụ cầu Hoà Bình (Hòa Bình) dùng cọc khoan nhồi đường kính 150cm, dài $35 \div 40$m, khả năng chịu tải của cọc $760 \div 800$T. Cọc xuyên qua địa tầng lớp sét-cát-cuội-đá phiến thạch phong hoá, chân cọc tựa trên nền đá phiến thạch nguyên khối. Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Mong mố trụ cầu Lạc Quần (Nam Định) dùng cọc khoan nhồi đường kính 150cm, dài 85m, khả năng chịu tải của cọc $920 \div 950$T. Cọc xuyên qua địa tầng sét chảy đến sét dẻo

mềm, ngàm vào tầng cát chặt 2-3m , Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lô khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Móng trụ neo và trụ tháp phần cầu chính cầu Mỹ Thuận, sử dụng 36 cọc khoan nhồi đường kính 250cm, dài 55 ÷ 100m, khả năng chịu tải của cọc 3900T. Cọc xuyên qua địa tầng sét chảy đến sét dẻo mịn, ngàm vào tầng cát chặt 2-3m bằng gàu ngoạm hình bán cầu KD F3-2400 E(S) của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite, xem hình 3-1;

- Móng mố trụ cầu Thị Nghè 2-TP. Hồ Chí Minh, dùng 40 cọc khoan nhồi đường kính 100cm, dài 33 ÷ 37m, khả năng chịu tải của cọc 600 ÷ 750T. Cọc xuyên qua địa tầng cát sét dẻo, cát hạt trung đến thô rời rạc đến chặt vừa, ngàm vào tầng sét cứng 3,27 - 6m. Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Móng mố trụ cầu Bình Điền- TP. Hồ Chí Minh, dùng 40 cọc khoan nhồi đường kính 100cm, dài 33 ÷ 37m, khả năng chịu tải của cọc 600 ÷ 750T. Cọc xuyên qua địa tầng cát sét dẻo, cát hạt trung đến thô rời rạc đến chặt vừa, ngàm vào tầng sét cứng 3,27 - 6m. Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Móng mố trụ cầu Điện Biên Phủ-TP. Hồ Chí Minh, dùng cọc khoan nhồi đường kính 100cm, dài 39.6m, khả năng chịu tải của cọc 600 ÷ 750T. Cọc xuyên qua địa tầng cát sét dẻo, cát hạt trung đến thô rời rạc đến chặt vừa, ngàm vào tầng sét cứng 3,27 - 6m . Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Móng mố trụ cầu vượt đường Lê Thánh Tôn nối dài - TP. Hồ Chí Minh, dùng cọc khoan nhồi đường kính 160cm và 60cm, dài 45-49m, khả năng chịu tải của cọc 200 ÷ 900T. Cọc xuyên qua địa tầng cát sét dẻo, cát hạt trung đến thô rời rạc đến chặt vừa, ngàm vào tầng sét cứng 3,27 - 6m bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite;

- Cầu Bình Phước bắc qua sông Sài Gòn nằm trên tuyến Quốc lộ 1A dự án đường Xuyên Á có móng trụ cầu nhịp chính (sơ đồ nhịp chính liên tục 48,9m + 61m + 48,9m) gồm 16 cọc khoan nhồi đường kính $\phi$ 200cm, dài 80m, khả năng chịu tải từ 870,3 ÷ 903,5T. Cọc xuyên qua các lớp địa tầng bùn sét, cát pha, cát hạt mịn và ngàm vào lớp sét chặt 2 ÷ 3m. Thi công bằng máy khoan BS-680-R của Đức, giữ ổn định vách lỗ khoan bằng ống vách và dung dịch bentonite, xem hình 3-2;

- Cầu Tô Châu (Kiên Giang) trên Quốc lộ 80 có phần nhịp chính là dầm hộp liên tục bê tông cốt thép dự ứng lực (55m + 90m + 55m) đặt trên trụ có móng gồm 12 cọc khoan nhồi đường kính $\phi$150cm chiều dài cọc 36m;

### 1.3.2. Một số nhận xét

Qua kinh nghiệm áp dụng của các loại cọc đóng, cọc ép, cọc ống (rung hạ cọc), cọc thép, cọc hỗn hợp và cọc khoan nhồi cho cả nước nói chung như đã trình bày ở trên, có thể rút ra được một vài nhận xét như sau:

- Cọc khoan nhồi thường được dùng cho một số móng công trình đặc biệt như: có tải trọng lớn và chiều dài lớn, trong điều kiện môi trường có yêu cầu khắt khe, v.v... Vì ưu điểm của nó đáp ứng được các yêu cầu đó.

- Kích thước của cọc thay đổi trong khoảng khá rộng: đường kính từ 40mm÷2500mm, cá biệt đường kính cọc có thể lên đến 3000mm (sẽ được dùng cho xây dựng cầu Cần Thơ), chiều dài lớn hơn 100m, cá biệt 120m (cầu Cần Thơ); với khả năng chịu lực từ 75 tấn đến hơn 4000 tấn;

- Phương pháp thi công thường là khoan tạo lỗ bằng thiết bị khoan chuyên dụng đặc biệt là dùng thiết bị đào gầu ngoạm, giữ ổn định thành vách bằng ống chống thép kết hợp với dung dịch bentonite. Tuỳ theo điều kiện địa chất và điều kiện thi công mà sử dụng các loại thiết bị khác nhau, nhưng chủ yếu gồm các dạng chính như sau:

+ Máy khoan gầu xoay: được sử dụng đối với địa chất là cát, đất sỏi sạn, cát pha cuội sỏi (các mố trụ trên cạn hoặc khi có thể đắp đảo nhân tạo để thi công).

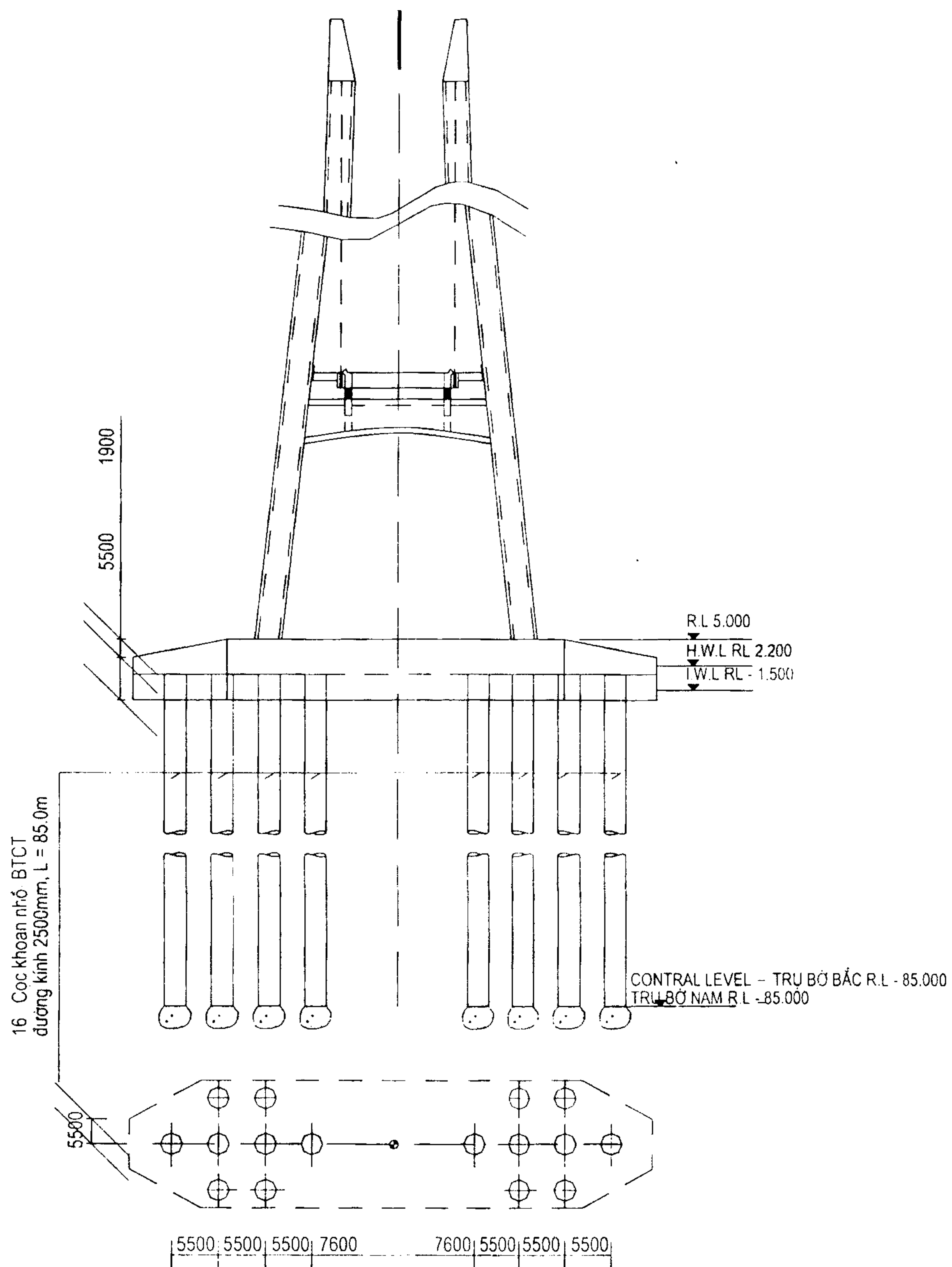
+ Máy khoan theo nguyên lý tuần hoàn ngược: được dùng cho các trụ dưới sông, có nước ngập, khoan vào tầng đá gốc hay đá phong hoá như trường hợp trụ 2, trụ 3 cầu Việt Trì, các trụ cầu Hàm Rồng, cầu Gianh

+ Máy khoan vách xoay; được dùng cho các công trình có tầng địa chất phức tạp, ví dụ có tầng cát chẩy, hoặc các công trình gần những công trình hiện đã có trước như trong các dự án cầu đường sắt Hà Nội - thành phố Hồ Chí Minh, v.v...

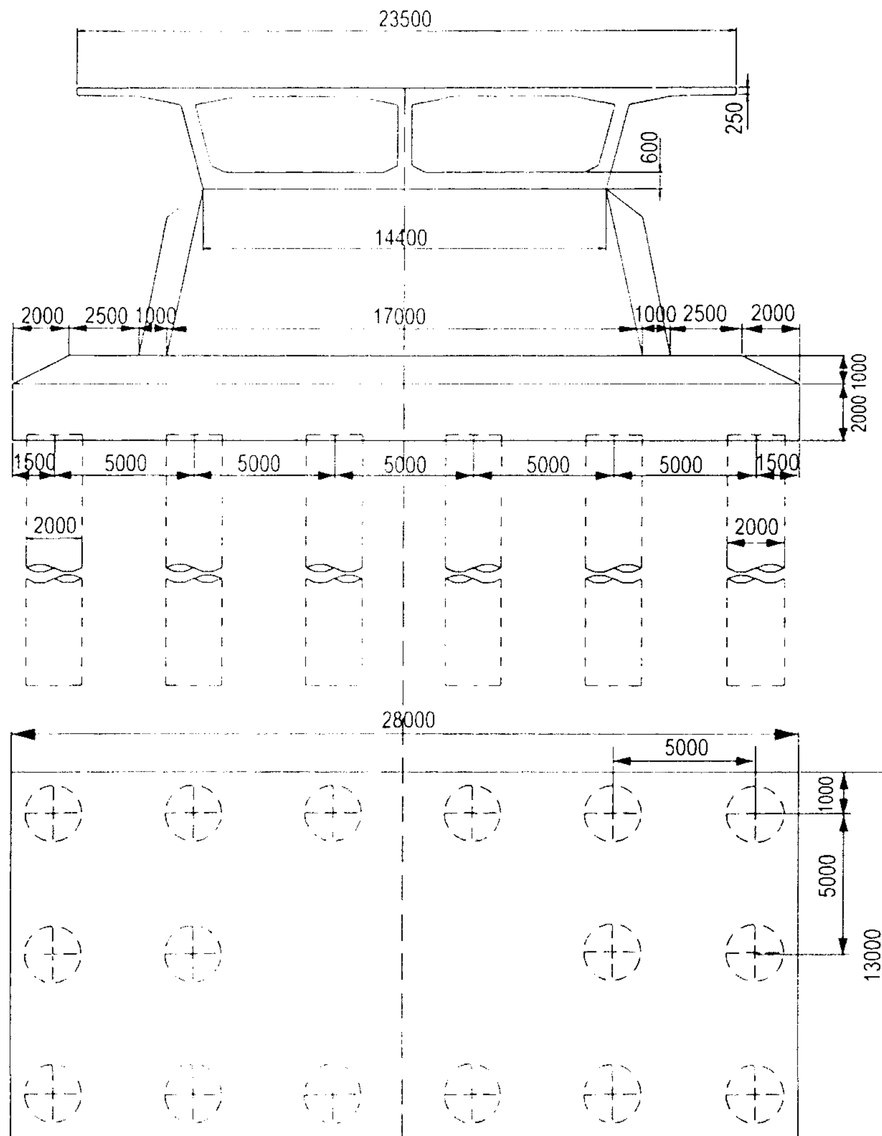
Tuy nhiên trong nhiều dự án cầu đã sử dụng kết hợp các loại thiết bị khác nhau để phát huy thế mạnh của mỗi loại, ví dụ dùng máy khoan gầu xoay ED 4000 để khoan tầng đất cho các trụ trên cạn của cầu Hàm Rồng (vì tốc độ khoan đất của loại máy này rất nhanh), sau đó dùng máy khoan theo nguyên lý tuần hoàn ngược TRC để khoan tiếp vào tầng đá gốc.

- Đối với nước ta, công nghệ móng cọc khoan nhồi đã được các nhà thầu áp dụng thành thạo trong xây dựng cầu. Tuy nhiên vì kinh nghiệm thiết kế, thi công và kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi có đường kính lớn từ $\phi$1500mm ÷ $\phi$3000mm chưa nhiều nên thường gặp một số sự cố trong thi công làm ảnh hưởng đến chất lượng và giá thành xây dựng;

- Xét về khả năng chịu lực đẩy ngang do chuyển vị cố kết lớn của nền đất gây ma sát âm lên hệ móng cọc của các công trình cầu xây dựng ở khu vực địa chất đất yếu, hoặc có địa tầng thay đổi phức tạp, thì cọc khoan nhồi tỏ ra có ưu điểm hơn so với các loại cọc đóng, cọc ép.




*Hình 1-1: Mặt chiếu đứng trụ cầu - mặt bằng bố trí cọc khoan nhồi, Cầu MT*




*Hình 1-2: Mặt đứng trụ cầu - mặt bằng bố trí cọc khoan nhồi, Cầu BP*

## 1.4. VỀ CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ, TIÊU CHUẨN THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU MÓNG CỌC KHOAN NHỒI TRONG CÁC CÔNG TRÌNH CẦU

Bộ Giao thông Vận tải và Bộ Xây dựng đã ban hành một số tiêu chuẩn có liên quan đến công tác khảo sát, thiết kế thi công và nghiệm thu cọc khoan nhồi. Có thể liệt kê như sau:

- Quy trình khoan thăm dò địa chất công trình mang ký hiệu 22TCN- 82-1985.

- Khảo sát địa kỹ thuật phục vụ cho thiết kế và thi công móng cọc mang ký hiệu 20TCN- 160-1987.

- Các phương pháp thí nghiệm cọc hiện trường, 20 TCN 82-1982.

- Cọc khoan nhồi - Yêu cầu về chất lượng thi công TCXD 206-1998.

- Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu các công tác về nền móng TCXD 79-1980.

- Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu cọc khoan nhồi 22TCN- 2000.

- Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-2001.

Rất nhiều công tác liên quan đến phương pháp đánh giá chất lượng cọc khoan nhồi bằng các phương pháp hiện đại như phương pháp siêu âm, phương pháp thử động biến dạng nhỏ, phương pháp thử động biến dạng lớn, phương pháp tia phóng xạ, phương pháp dùng hộp Ostenberg, v.v... chưa có các tiêu chuẩn Việt Nam quy định kỹ cụ thể. Trong các trường hợp đó, chúng ta thường áp dụng các tiêu chuẩn nước ngoài như AASHTO của Hoa Kỳ, BS của Anh, AS của Australia, v.v...

Về công tác khảo sát địa chất thủy văn công trình: Hiện nay chúng ta vẫn dùng cách khảo sát thu thập số liệu cho loại cọc đúc sẵn để áp dụng cho cọc khoan nhồi, nên không phù hợp cho việc thiết kế và thi công cũng như chưa dự đoán trước được các sự cố có thể xảy ra cho cọc khoan nhồi.

Về tính toán thiết kế thì trước đây các tiêu chuẩn thiết kế trong nước ta thường chủ yếu là dựa trên tiêu chuẩn thiết của một số nước, chẳng hạn như: 20TCN 21-86 dựa theo tiêu chuẩn thiết kế của Liên Xô, TCXD 195 - 1997 dựa theo tiêu chuẩn thiết kế ISO. Hiện nay Bộ Giao thông vận tải đã ban hành Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272 - 2001 dựa trên Tiêu chuẩn thiết kế ASSHTO - LRFD - 1998 của Mỹ. Tuy Tiêu chuẩn này còn tương đối mới so với đa số đơn vị Tư vấn thiết kế ở các tỉnh, nhưng nó lại đã và đang được sử dụng rộng rãi để tính toán thiết kế một số công trình cầu lớn do các Tư vấn nước ngoài và Tư vấn lớn của Bộ như TEDI và có thể áp dụng thích hợp trong việc tính toán thiết kế cọc khoan nhồi cho điều kiện ở Việt Nam.

# Chương II

# CƠ SỞ TÍNH TOÁN CỌC KHOAN NHỒI

Các Tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam cũng như của các nước khác đều đưa ra những phương pháp tính toán móng cọc nói chung và móng cọc khoan nhồi nói riêng. Các nghiên cứu khoa học trên thế giới cũng thường xuyên cập nhật những kết quả mới nhất về thực nghiệm và lý thuyết liên quan đến móng cọc khoan nhồi. Nói chung đối với các kỹ sư thiết kế, có hai bài toán cần giải quyết lần lượt khi thiết kế là:

- Bài toán tính nội lực của từng cọc trong hệ móng cọc và

- Bài toán tính sức chịu của 1 cọc đơn theo vật liệu làm cọc cũng như theo điều kiện đất nền.

**Về việc tính toán nội lực của từng cọc trong hệ móng cọc** thường áp dụng các phương pháp tính toán được trình bầy trong các tài liệu nghiên cứu hoặc tham khảo chứ không bắt buộc theo một Tiêu chuẩn thiết kế duy nhất nào. Trong Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272 - 2001 của Bộ Giao thông vận tải năm 2001 [1] chỉ có những yêu cầu cần phải xét đến khi phân tích nội lực móng cọc chứ không quy định phương pháp phân tích cụ thể. Tùy theo kiến thức và kinh nghiệm của mình, kỹ sư thiết kế có thể áp dụng các phương pháp tính toán móng cọc quen thuộc của các tác giả người Nga như Zavriep, Ghexevanop, của các tác giả Việt Nam, hoặc của các tác giả nước ngoài khác đã được trình bầy trong các sách tham khảo. Đã có nhiều chương trình máy tính và các bang tính sẵn trên EXCEL, trên MathCAD cho các bài toán này: xét móng cọc phẳng hoặc móng cọc không gian.

Sau khi đã có kết quả tính nội lực đầu cọc, để tính toán một cọc đơn chịu tác dụng đồng thời của ngoại lực thẳng đứng, lực ngang và mômen uốn tại đỉnh cọc, các kỹ sư Việt Nam thường áp dụng các công thức nêu trong Phụ lục của Tiêu chuẩn thiết kế móng cọc TCXD 205 - 1998 dựa trên nghiên cứu của các tác giả người Nga. Trong nhiều dự án cầu do Tư vấn Nhật Bản thiết kế đã sử dụng các phương pháp tính toán khác theo các học giả Hoa Kỳ, Châu Âu, Nhật Bản. Tất nhiên về số liệu địa kỹ thuật ban đầu đưa vào tính toán đều là số liệu thực khảo sát tại vị trí cầu.

Để tính toán sức chịu tải trong phương thẳng đứng của cọc khoan nhồi đơn theo điều kiện đất nền thường có nhiều phương pháp, nhưng đều xuất phát từ 1 trong 2 cách sau:

***Cách thứ 1***: Dựa vào kết quả thí nghiệm mẫu đất trong phòng thí nghiệm về các chỉ tiêu cơ lý của đất và điều kiện phân bố môi trường để tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi đơn. Sức chịu tải này có thể gọi là sức chịu tải theo công thức lý thuyết;

***Cách thứ 2***: Dựa vào kết quả khảo sát bằng thiết bị thí nghiệm hiện trường để xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi đơn. Kết quả thu được sẽ có sai số nhỏ hơn so với khi tính theo công thức lý thuyết nhưng thường đòi hỏi chi phí rất cao. Thông thường có thể phân thành 2 nhóm phương pháp chi tiết hơn:

*Nhóm 1*: Sử dụng kết quả của các phương pháp xuyên tĩnh, xuyên động, v.v...;

*Nhóm 2*: Sử dụng kết quả các phân tích về mối quan hệ độ lún - tải trọng trong các thí nghiệm tĩnh, động, v.v...

**Về việc tính toán sức chịu tải của một cọc khoan nhồi đơn theo điều kiện vật liệu** thường áp dụng các công thức thiết kế cấu kiện BTCT chịu nén lệch tâm có mặt cắt tròn. Đối với thiết kế cầu ở Việt Nam hiện nay song song tồn tại 2 Tiêu chuẩn thiết kế là :

- Quy trình thiết kế cầu cống theo các trạng thái giới hạn 22TCN 18 - 1979 (dựa theo Quy trình năm 1962 và Quy trình năm 1967 của Liên Xô trước đây).

- Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272 - 2001 (dựa theo Tiêu chuẩn AASHTO LRFD năm 1998 của Hoa Kỳ).

Như vậy tuỳ theo từng dự án mà kỹ sư thiết kế có thể chọn các công thức của một trong 2 Tiêu chuẩn thiết kế nói trên, hoặc tính lần lượt theo cả 2 Tiêu chuẩn để so sánh rồi quyết định về kết quả duyệt mặt cắt cọc khoan nhồi BTCT như đối với cấu kiện tròn BTCT chịu nén lệch tâm. Một số kỹ sư quen dùng chương trình CALCOM có sẵn của nước ngoài nhưng nhiều người khác đã tự lập các bảng tính ECXEL theo các công thức nói trên để tính toán.

Để tính toán thiết kế móng cọc khoan nhồi cho mố trụ cầu cần phải xét nhiều vấn đề và tốt nhất là dựa theo Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272 - 2001 đã ban hành năm 2001. Trong phạm vi tài liệu này, sẽ chỉ hạn chế bàn đến sức chịu cọc đơn khoan nhồi.

Dưới đây chỉ trình bầy tóm tắt về vài phương pháp tính sức chịu tải dọc trục của cọc khoan nhồi đang được dùng phổ biến khi thiết kế móng cọc cho công trình cầu. Bạn đọc quan tâm nhiều hơn đến lý thuyết tính toán có thể tham khảo kỹ hơn trong các tài liệu tham khảo có liên quan.

## 2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI DỌC TRỤC CỦA CỌC KHOAN NHỒI ĐANG ĐƯỢC ÁP DỤNG Ở VIỆT NAM

### 2.1.1. Xác định sức chịu tải dọc trục của cọc khoan nhồi theo công thức lý thuyết (theo kết quả thí nghiệm trong phòng) Tiêu chuẩn Việt Nam TCXD 195 - 1997

Các công thức lý thuyết đều được thiết lập trên 2 loại đất tiêu biểu, đó là đất sét và đất cát.

Sức chịu tải cực hạn $Q_u$ của cọc bao gồm 2 thành phần: lực ma sát mặt bên và sức chống ở chân cọc:

$$Q_u = Q_s + Q_p \quad (2.1)$$

Hay

$$Q_u = A_s f_s + A_p q_p \quad (2.2)$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} = \frac{Q_s}{FS_s} + \frac{Q_p}{FS_p} \quad (2.3)$$

trong đó:

$Q_s$ : sức chịu tải cực hạn do ma sát mặt bên;

$Q_p$: sức chịu tải cực hạn do sức chống ở chân;

$Q_a$ : sức chịu tải cho phép của cọc;

$f_s$ : ma sát bên đơn vị giữa cọc và đất;

$q_p$ : cường độ chịu tải của đất ở chân cọc;

$A_s$ : diện tích mặt bên cọc;

$A_p$ : diện tích ở chân cọc;

FS, $FS_s$, $FS_p$: hệ số an toàn. Giá trị được chọn tuỳ theo phương pháp tính;

$FS = 2,5 \div 3,0$; $FS_s = 2 \div 2,5$; $FS_p = 2 \div 3,0$;

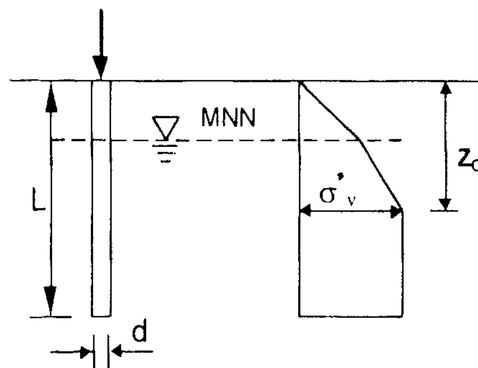
*2.1.1.1. Ma sát trên đơn vị diện tích mặt bên của cọc, $f_s$, tính theo công thức:*

Đối với các loại đất: $f_s = c_a + \sigma'_v K_s \tan\varphi_a$ (2.4)

Đối với đất dính : $f_s = \alpha\, c_u \le 1kG/m^2$ (2.5)

Đối với đất rời : $f_s = \sigma'_v K_s \tan\varphi_a$ (2.6)

*(Nếu độ sâu ở chân cọc $Z > Z_c$ (độ sâu tới hạn) thì $f_s$ được tính ở độ sâu $Z = Z_c$ đối với đất rời, xem hình 2-1).*




***Hình 2-1***

trong đó:

$c_a$: lực dính giữa cọc và đất;

$c_u$: sức chống cắt không thoát nước của đất nền, xác định theo kết quả thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm cắt cánh hiện trường;

$\sigma'_v$ : ứng suất hữu hiệu theo phương thẳng đứng do tải trọng cột đất tại độ sâu tính toán ma sát bên;

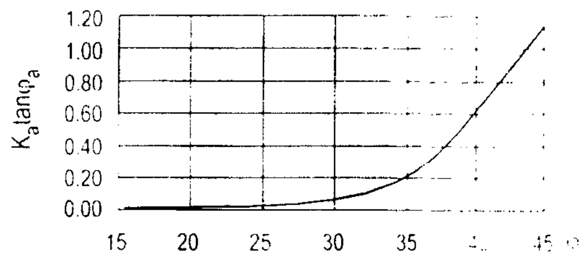
$K_s$ : hệ số áp lực ngang trong đất;

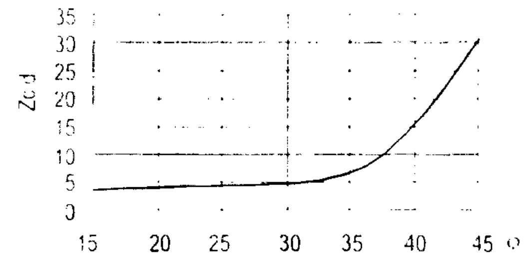
$\varphi_a$ : góc ma sát giữa đất nền và mặt bên cọc;

$\alpha$ : hệ số không thứ nguyên, lấy $\alpha = 0,3 \div 0,45$ cho sét dẻo cứng và $\alpha = 0,6 \div 0,8$ cho sét dẻo mềm;

$K_s \tan\varphi_a$: theo hình 2-2 (hay hình 3 trang 303 - TCXD 195);

$Z_c$: độ sâu tới hạn xác định theo góc ma sát trong $\varphi$ của đất nền, theo hình 2-3 (hay hình 2 trang 303 - TCXD 195).




***Hình 2-2:*** *Xác định hệ số $K_a\tan\varphi_a$*

***Hình 2-3:*** *Xác định tỷ số $Z_c/d$*

***Ghi chú:*** *Góc nội ma sát φ trong hình 2-2, 2-3, 2-4 được lấy $\varphi = \varphi_I - 3°$, với $\varphi_I$ là góc ma sát trong của đất nền trước khi thi công.*

*2.1.1.2. Cường độ chịu tải của đất ở chân cọc, $q_p$:*

Đối với các loại đất: $q_p = c \cdot N_c + \sigma_{vp} N_q + \gamma\, d\, N_\gamma$ (2.7)

Đối với dất dính : $q_p = c_u N_c$ (2.8)

Đối với dất rời : $q_p = \sigma'_{vp} N_q$ (2.9)

*(Nếu độ sâu ở chân cọc $Z > Z_c$ (độ sâu tới hạn) thì $q_p$ được tính ở độ sâu $Z = Z_c$ đối với đất rời).*

trong đó:

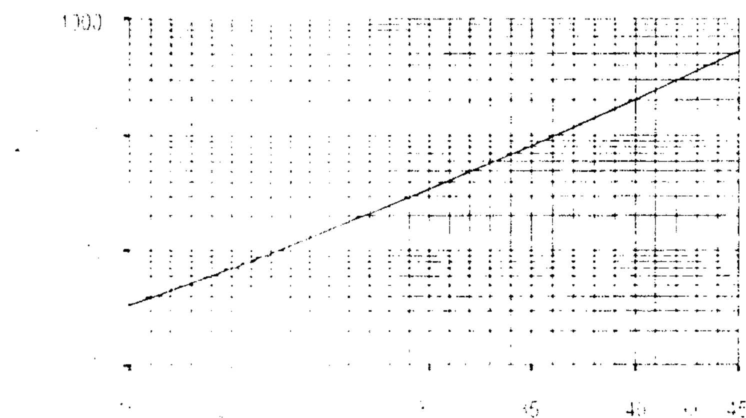
$c_u$: sức chống cắt không thoát nước của đất nền, xác định theo kết quả thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm cắt cánh hiện trường;

$\sigma'_{vp}$: ứng suất hữu hiệu theo phương thẳng đứng tại độ sâu ở chân cọc;

$\gamma$ : trọng lượng thể tích của đất nền;

d : đường kính tiết diện cọc;

$N_c$, $N_q$, $N_\gamma$: các hệ số sức chịu tải phụ thuộc chủ yếu vào góc ma sát trong $\varphi'$ của đất và hình dạng cọc. Có thể lấy $N_c = 6{,}0$, $N_q$ xác định theo hình 2-4 (hay hình 1-trang 303 - TCXD 195);




*Hình 2-4: Xác định hệ số $N_q$*

*Một số vấn đề cần thảo luận thêm về Tiêu chuẩn này:*

+ Với $\varphi = 25° \div 45°$ có thể xác định được $N_q$, $Z_c/d$, $K_s\ tan\varphi_a$, nhưng $\varphi$ nằm ngoài khoảng giá trị nói trên thì chưa có hướng dẫn tính toán;

+ Với hệ số $N_c = 6$, khi chiều dài cọc lớn, kết quả tính được trị số sức chống ở chân cọc khoan nhồi khá nhỏ so với thực tế, cũng như các công thức khác;

+ Giá trị $K_s\ tan\varphi_a$ (ứng với $\varphi \leq 25° \div 31°$) rất nhỏ (gần bằng 0). Cho nên ma sát bên đơn vị giữa cọc và đất rời (có $\varphi'_1 = 28° \div 34°$) sẽ rất nhỏ (xấp xỉ bằng 0);

*Ví dụ:* Kết quả tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi theo đất nền theo TCXD195:1997 so với kết quả nén tĩnh cọc theo bảng sau:

**Bảng 2-1**

| Tên công trình | Đường kính mm | Chiều dài m | Kết quả nén tĩnh | | | Kết quả tính toán - sức chịu tải theo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Độ lún | | Tải trọng $Q_u$ (tấn) | Mũi cọc $Q_p$ (tấn) | Thân cọc $Q_s$ (tấn) | Cực hạn $Q_u$ (tấn) | Cho phép $Q_a$ (tấn) |
| | | | Đỉnh cọc S (mm) | Tương đối $\Delta_S$ (%) | | | | | |
| Cầu MT | 2500 | 85,6 | 25 | 1,00 | 3900 | 2264 | 3696 | 5330 | 1653 |

Tham khảo qua bảng 2-1, có thể nhận thấy rằng:

- Sức chịu tải giới hạn của cọc theo tính toán lý thuyết nhỏ hơn sức chịu tải giới hạn thực tế (từ kết quả nén tĩnh) khoảng 17(174%). Do vậy, khi lấy hệ số an toàn theo tiêu chuẩn này là 2(3) thì sức chịu tải cho phép theo tính toán lý thuyết nhỏ hơn rất nhiều so với sức chịu tải giới hạn thực tế (như trường hợp cọc khoan nhồi của cầu Điện Biên Phủ ở TP. Hồ Chí Minh, trị số $q_u = 840$ tấn > $q_a = 86$ tấn).

- Sức chịu tải cực hạn do ma sát mặt bên trong các lớp đất cát (rời) rất nhỏ;

### 2.1.2. Xác định sức chịu tải dọc trục theo tiêu chuẩn thiết kế Austroads - 1992 của Úc

Sức chịu tải cực hạn $q_u$ của cọc bao gồm 2 thành phần: ma sát mặt bên và sức chống ở chân cọc:

$$Q_u = Q_p + Q_s \tag{2.10}$$

hay

$$Q_u = A_p\ q_p + P\ \Sigma l_i\ f_i \tag{2.11}$$

trong đó:

$Q_s$ : sức chịu tải cực hạn do ma sát mặt bên;

$Q_p$ : sức chịu tải cực hạn do sức chống ở chân;

$f_i$ : ma sát bên đơn vị giữa cọc và lớp đất thứ i;

$q_p$ : cường độ chịu tải của đất ở chân cọc;

P : chu vi cọc;

$A_p$ : diện tích ở chân cọc;

$f_i$, $q_p$ được xác định như sau:

Đối với đất dính:

$$f_i = \alpha\, c_u \quad (2.12)$$

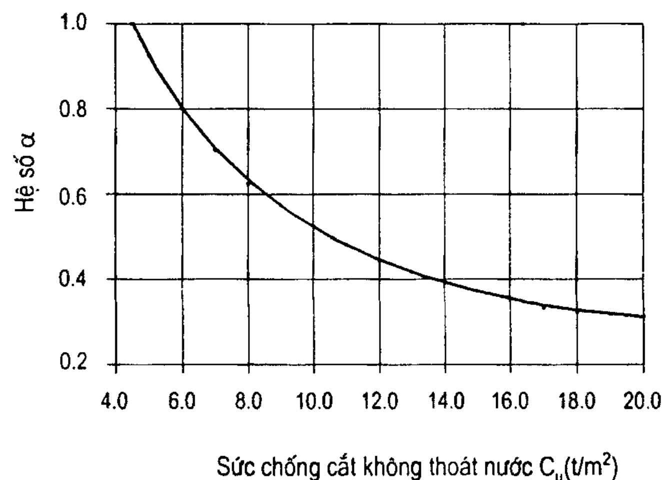
$$q_p = N_c.c_b \quad (2.13)$$

trong đó:

$c_u$, $c_b$: sức chống cắt không thoát nước của đất nền xung quanh cọc và dưới ở chân cọc, xác định theo kết quả thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm cắt cánh hiện trường;

$N_c$: hệ số sức chịu tải của đất dính dưới ở chân cọc, lấy $N_c = 9$;

$\alpha$: hệ số sức chịu tải của đất dính xung quanh thân cọc, lấy theo hình 2-5 (hay hình C3.7.2.4 - trang 32, Tiêu chuẩn Austroads 92):




***Hình 2-5:*** *Xác định hệ số α*

*2.1.2.1. Đối với đất rời:*

$$f_i = F\sigma'_v \text{ khi } 0 \le z \le z_L \quad (2.14)$$

$$f_i = F\sigma'_{vL} \text{ khi } z > z_L \quad (2.14')$$

$$q_p = N_q\sigma'_{vb} \text{ khi } 0 \le z \le z_L \quad (2.15)$$

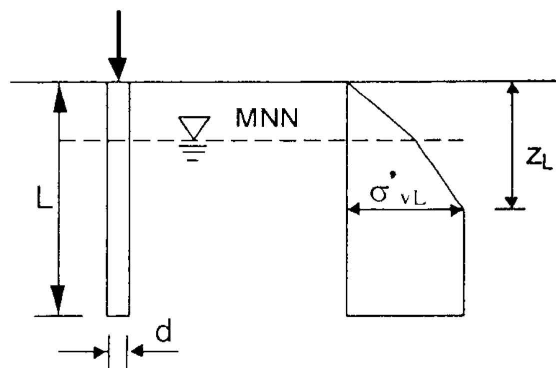
$$q_p = N_q\sigma'_{vL} \text{ khi } z > z_L \quad (2.15')$$

trong đó:

$\sigma'_v$, $\sigma'_{vb}$ : ứng suất hữu hiệu theo phương thẳng đứng do tải trọng cột đất tại độ sâu tính toán ma sát bên, và tại độ sâu ở chân cọc;

$\sigma'_{vL}$ : ứng suất hữu hiệu theo phương thẳng đứng do tải trọng cột đất tại độ sâu tới hạn $z_L$;

z: độ sâu xác định $f_i$ hay $q_p$ ;




*Hình 2-6*

$z_L$, F, $N_q$ : độ sâu ngàm tới hạn, hệ số sức chịu tải của đất rời xung quanh cọc và hệ số sức chịu tải của đất rời dưới ở chân cọc được xác định theo bảng 2-3 (hay bảng C3.7.4.4(B) của Tiêu chuẩn này);

d: đường kính cọc;

**Bảng 2-2: Xác định $Z_L$, F, $N_q$**

| Trạng thái đất cát | $Z_L$/d | F | $N_q$ |
|---|---|---|---|
| Đất rời rạc | 6 | 0,3 | 25 |
| Đất rời chặt vừa | 8 | 0,5 | 60 |
| Đất rời chặt | 15 | 0,8 | 100 |

*Ví dụ:* Kết quả tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi theo đất nền theo Tiêu chuẩn AUSTROADS -1992 của Úc so với kết quả nén tĩnh cọc theo bảng sau:

**Bảng 2-3**

| Tên công trình | Đường kính mm | Chiều dài m | Kết quả nén tĩnh | | | Kết quả tính toán - sức chịu tải theo đất nền | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Độ lún | | Tải trọng $Q_u$ (tấn) | Mũi cọc $Q_p$ (tấn) | Thân cọc $Q_s$ (tấn) | Cực hạn $Q_u$ (tấn) | Cho phép $Q_a$ (tấn) |
| | | | Đỉnh cọc S (mm) | Tương đối $\Delta_S$ (%) | | | | | |
| Cầu MT | 2500 | 85,6 | 25 | 1,00 | 3900 | 4006 | 4606 | 7982 | 2815 |

***Ghi chú:*** Giá trị của kết quả nén tĩnh, xem Phụ lục 2-1 và kết quả tính toán sức chịu tải theo đất nền, xem Phụ lục 2-2;

*Tham khảo Bảng 2-3, có thể nhận thấy rằng:*

Sức chịu tải giới hạn của cọc theo tính toán lý thuyết lớn hơn sức chịu tải giới hạn thực tế (từ kết quả nén tĩnh) khoảng 51%. Nhưng với hệ số an toàn theo Tiêu chuẩn này là 2,5 thì sức chịu tải cho phép theo tính toán lý thuyết vẫn nhỏ hơn sức chịu tải giới hạn thực tế (như trường hợp cọc khoan nhồi của cầu MT, $Q_u$= 3900tấn > $Q_a$ = 2815tấn).

### 2.1.3. Xác định sức chịu tải dọc trục của cọc khoan nhồi theo kết quả khảo sát bằng thiết bị thí nghiệm hiện trường

*2.1.3.1. Theo Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272 - 2001 của Việt Nam và AASHTO - LRFD - 1998 của Mỹ*

Theo điều 10.8.3.2. Sức chịu tải cực hạn của cọc khoan nhồi, $Q_R$, được xác định theo công thức sau:

$$Q_R = \varphi\, Q_n = (\varphi_{qp}\, Q_p + \varphi_{qs}\, Q_s) - W \tag{2.16}$$

$$Q_S = q_s\, A_s \tag{2.17}$$

$$Q_P = q_p\, A_p \tag{2.18}$$

trong đó:

$Q_S$ : sức kháng thân cọc do ma sát mặt bên; (N)

$Q_p$ : sức kháng ở chân cọc do phản lực ở chân; (N)

W : trọng lượng cọc có kể đến lực đẩy nổi của nước; (N)

$q_s$ : sức kháng đơn vị thân cọc (MPa)

$q_p$ : sức kháng đơn vị ở chân cọc (MPa)

$A_s$: diện tích bề mặt thân cọc ($mm^2$)

$A_p$: diện tích ở chân cọc ($mm^2$)

$\varphi_{qp}$: hệ số sức kháng đối với sức kháng ở chân cọc được quy định trong Bảng 10.5.5.3 của Tiêu chuẩn 22TCN 272 - 2001 dùng cho các phương pháp tách rời sức kháng của cọc do sức kháng ở chân cọc và sức kháng thân cọc.

$\varphi_{qs}$: hệ số sức kháng đối với sức kháng thân cọc được quy định trong Bảng 10.5.5-3 của Tiêu chuẩn 22TCN 272 - 2001 dùng cho các phương pháp tách rời sức kháng của cọc do sức kháng ở chân cọc và sức kháng thân cọc.

*2.1.3.1.1. Đối với đất dính*

a) Sức kháng dọc thân cọc khoan trong đất dính tính theo phương pháp α

Sức kháng danh định của ma sát hông đơn vị (MPa) trên thân cọc khoan trong đất dính chịu tải trong điều kiện tải trọng không thoát nước có thể tính như sau:

$$q_s = \alpha S_u$$

trong đó

$S_u$ - cường độ lực cắt không thoát nước trung bình (MPa)

α - hệ số dính bám

Các phần chiều dài sau đây của cọc khoan không được tính tham gia vào làm tăng giá trị sức kháng ở thành bên của cọc thông qua ma sát:

- Ít nhất 1500mm đoạn trên đầu của bất kỳ cọc khoan nào.
- Đối với cọc thẳng, một đoạn dưới cùng của thân cọc mà có chiều dài bằng trị số đường kính cọc.
- Nếu sử dụng loại cọc loe thì không được tính theo chu vi của cọc loe
- Nếu sử dụng loại cọc loe thì một đoạn cọc dưới cùng ngay bên trên đoạn loe của cọc loe, chiều dài đoạn này lấy bằng trị số đường kính cọc

Các giá trị α đối với phần tham gia của cọc khoan đào khô trong hố móng hở hoặc khoan trong ống vách được quy định trong bảng sau:

**Bảng 2.4: Giá trị của α dùng để tính sức kháng thành bên của cọc trong đất dính**

| $S_u$ (MPa) | α |
|---|---|
| < 0,2 | 0,55 |
| 0,20 - 0,30 | 0,49 |
| 0,30 - 0,40 | 0,42 |
| 0,40 - 0,50 | 0,38 |
| 0,50 - 0,60 | 0,35 |
| 0,60 - 0,70 | 0,33 |
| 0,70 - 0,80 | 0,32 |
| 0,80 - 0,90 | 0,31 |
| > 0,90 | Xử lý như đối với đá cuội |

**Bảng 2.5: Các hệ số sức kháng theo trạng thái giới hạn cường độ địa kỹ thuật trong cọc khoan chịu tải trọng dọc trục**

| Phương pháp/đất/điều kiện | | | Hệ số sức kháng |
|---|---|---|---|
| Khả năng chịu lực tới hạn của cọc khoan đơn | Sức kháng thành bên trong đất sét | Phương pháp α<br>(Reese và O'Neill 1988) | 0,65 |
| | Sức kháng tại mũi cọc trong đất sét | Tổng ứng suất<br>(Reese và O'Neill 1988) | 0,55 |
| | Sức kháng thành bên trong đất cát | Touma và Reese (1974)<br>Meyerhof (1976)<br>Quyros và Reese (1977)<br>Reese và Wright (1977)<br>(Reese và O'Neill 1988) | Xem trong Điều 10.8.3.4 |
| | Sức kháng tại mũi cọc trong đất cát | Touma và Reese (1974)<br>Meyerhof (1976)<br>Quyros và Reese (1977)<br>Reese và Wright (1977)<br>(Reese và O'Neill 1988) | Xem trong Điều 10.8.3.4 |
| Phá hoại khối | Sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc | Thí nghiệm tải trọng | 0,80 |
| | Sét | | 0,65 |
| Khả năng chịu lực nhổ của cọc khoan đơn | Sét | Phương pháp α<br>(Reese và O'Neill)<br>Cọc loe (Reese và O'Neill) | 0,55<br><br>0,50 |
| | Cát | Touma và Reese (1974)<br>Meyerhof (1976)<br>Quyros và Reese (1977)<br>Reese và Wright (1977)<br>(Reese và O'Neill 1988) | Xem trong Điều 10.8.3.7 |
| Khả năng chịu lực nhổ của nhóm cọc | | Cát<br>Đất sét | 0,55<br>0,55 |

b) Sức kháng ở chân cọc trong đất dính:

Đối với cọc chịu tải trọng dọc trục trong đất dính, sức kháng đơn vị ở chân cọc danh định của cọc khoan (MPa) có thể tính như sau:

$$Q_p = N_c S_u \leq 4,0$$

trong đó: $N_c = 6[1 + 0,2 (Z/D)] \leq 9,0$

Với D = đường kính cọc khoan (mm)

Z = độ xuyên của cọc khoan (mm)

$S_u$= cường độ kháng cắt không thoát nước (MPa)

Giá trị $S_u$ phải được xác định từ kết quả thí nghiệm hiện trường và/ hoặc trong phòng thí nghiệm của các mẫu nguyên dạng lấy trong khoảng sâu 2,0 lần đường kính dưới ở chân cọc. Nếu đất trong giới hạn 2,0 đường kính cọc có $S_u < 0.024$ MPa, giá trị của $N_c$ sẽ bị chiết giảm 1/3.

Đối với các cọc khoan trong đất sét với $S_u > 0,096$ MPa với D > 1900mm, và độ lún cọc không được đánh giá thì giá trị của $q_p$ phải chiết giảm thành $q_{pr}$ như sau:

$$q_{pr} = q_p F_r$$

trong đó:

$$F_r = \frac{760}{\left(12,0 \times a \times D_p + 760b\right)} < 1,0$$

$$a = 0,0071 + 0,0021\ Z/D_p \leq 0,015$$

$$b = 1,45\sqrt{2S_u} \quad \text{với } 0,5 \leq b \leq 1,5$$

với $D_p$ = đường kính ở chân cọc (mm)

*2.1.3.1.2. Đối với đất rời*

a) Sức kháng ở thành bên của thân cọc:

Sức kháng danh định của thân cọc khoan trong cát có thể được xác định bằng cách sử dụng một trong các phương pháp quy định trong Bảng 1.

Chỉ có thể dùng các giá trị lớn hơn nếu nó được hiệu chỉnh bởi các thí nghiệm tải trọng.

Sức kháng bên của cọc khoan trong đất cát có thể ước tính bằng cách sử dụng:

- Góc nội ma sát $\varphi_f$ hoặc
- Số nhát búa SPT, N

**Bảng 10.8.3.4.2-1 của tiêu chuẩn 22TCN 272 - 01: Tổng kết các phương pháp đánh giá sức kháng mặt bên $q_s$, MPa, trong đất cát**

| Tham khảo | Mô tả |
|---|---|
| Touma và Reese (1974) | $q_s = K\ \sigma_v \tan \varphi_r < 0,24$ MPa<br>ở đây<br>K = 0,7 đối với $D_b \le 7500$mm<br>K = 0,6 đối với 7500mm $\le D_b \le 12000$mm<br>K = 0,5 đối với $D_b > 12000$mm |
| Meyerhof (1976) | $q_s = 0,00096\ N$ |
| Quyros và Reese (1977) | $q_s = 0,0025N < 0,19$ MPa |
| Reese và Wright (1977) | Với $N \le 53$ $q_s = 0,0028\ N$<br>Với $53 < N \le 100$ $q_s = 0,00021\ (N - 53) + 0,15$ |
| Reese và O'Neill (1988) | $q_s = \beta\sigma_v' \le 0,19$ MPa với $0,25 \le \beta \le 1,2$<br>Ở đây $\beta = 1,5 - 7,7\ 10^{-3}\sqrt{z}$ |

*Giải thích các ký hiệu*

N = số nhát búa SPT chưa hiệu chỉnh (búa/300mm)

$\sigma_v'$ = ứng suất hữu hiệu thẳng đứng (MPa)

$\varphi_r$ = góc ma sát của cát (độ)

K = hệ số truyền tải trọng

$D_b$ = chiều sâu chôn cọc khoan trong tầng đất cát chịu lực (mm)

$\beta$ = hệ số truyền tải trọng

z = chiều sâu dưới đất (mm)

Góc ma sát của cát có thể tương quan với số búa SPT hoặc là sức kháng xuyên hình nón được quy định trong Bảng 10.8.3.4.2-2.

b) Sức kháng ở chân cọc

Sức kháng danh định ở chân cọc có thể tính toán bằng cách dùng các phương pháp quy định trong Bảng 10.8.3.4.3-1 của Tiêu chuẩn 22TCN 272 - 2001, với các ký hiệu sau đây được sử dụng:

$N_{corr}$ = số búa SPT-N đã hiệu chỉnh cho áp lực tầng phủ (búa /300mm)

$N_{corr} = [0,77\ \lg\ (1,92/\sigma_v')]N$

N = số búa SPT chưa hiệu chỉnh (búa/300mm)

D = đường kính cọc khoan (mm)

$D_p$= đường kính ở chân cọc khoan (mm)

$D_b$ = chiều sâu chôn của cọc khoan trong lớp chịu lực là cát (mm)

$\sigma_v$' = ứng suất lực thẳng đứng hữu hiệu (MPa)

Đối với các đường kính đáy lớn hơn 1270mm, $q_p$ phải chiết giảm như sau:

$$q_{pr} = 1270 (q_p / D_p)$$

**Bảng 10.8.3.4.2-2 (của Tiêu chuẩn 22TCN 272-01)**

**Các góc ma sát của cát**

| Độ chặt | $\varphi_r$ | SPT - N | $Q_c$ (MPa) |
|---|---|---|---|
| Rất rời | < 30° | 0 - 4 | < 1,9 |
| Rời | 30° - 35° | 4 - 10 | 1,9 - 3,8 |
| Vừa | 35° - 40° | 10 - 30 | 3,8 - 11 |
| Chặt | 40° - 45° | 30 - 50 | 11 - 19 |
| Rất chặt | > 45° | > 50 | > 19 |

**Bảng 10.8.3.4.3-1 của Tiêu chuẩn 22TCN 272-01**

**Tổng kết các phương pháp dùng để ước tính sức kháng ở chân cọc, $q_p$, MPa của cọc khoan trong đất**

| Tham khảo | Mô tả |
|---|---|
| Touma và Reese (1974) | Rời - $q_p$ (MPa) = 0.0<br>Chặt vừa - $q_p$ (MPa) = 1,5/k<br>Rất chặt - $q_p$ (MPa) = 3,8/k<br>k = 1,0 đối với $D_b \le$ 500mm<br>k = 0,6 đối với $D_b$ > 500mm<br>Chỉ dùng khi $D_b$ > 10 D |
| Meyerhof (1976) | $q_p$ (MPa) = $0{,}013N_{corr}(D_b/D_p)$<br>$q_p < 0{,}13\ N_{corr}$ đối với cát<br>$q_p < 0{,}096\ N_{corr}$ đối với bùn không dẻo |
| Reese và Wright (1977) | $q_p$ (MPa) = 0,064N đối với N ≤ 60<br>$q_p$ (MPa) = 3,8 đối với N > 60 |
| Reese và O'Neill (1988) | $q_p$ (MPa) = 0,057N đối với N ≤ 75<br>$q_p$ (MPa) = 4,3N đối với N > 60 |

*Ví dụ:* Kết quả tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi theo đất nền theo Tiêu chuẩn 20TCN 272-01 và Tiêu chuẩn AASHTO - LRFD - 1998 dựa vào kết quả thí nghiệm hiện trường so với kết quả nén tĩnh cọc theo bảng sau:

**Bảng 2-8**

| Tên công trình | Đường kính mm | Chiều dài m | Kết quả nén tĩnh | | | Kết quả tính toán - sức chịu tải theo đất nền | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Độ lún | | Tải trọng $Q_u$ (tấn) | Mũi cọc $Q_p$ (tấn) | Thân cọc $Q_s$ (tấn) | Cực hạn $Q_u$ (tấn) | Cho phép $Q_a$ (tấn) |
| | | | Đỉnh cọc S (mm) | Tương đối $\Delta S$ (%) | | | | | |
| Cầu MT | 2500 | 85,6 | 25 | 1,00 | 3900 | 1490 | 6984 | 5519 | 3172 |

***Ghi chú**: Giá trị của kết quả nén tĩnh, xem phụ lục 2-1 và kết quả tính toán sức chịu tải theo đất nền, xem phụ lục 2-2;*

*Tham khảo Bảng 2-8, có thể nhận thấy rằng:*

Sức chịu tải giới hạn của cọc theo tính toán lý thuyết chênh lệch so sức chịu tải giới hạn thực tế (từ kết quả nén tĩnh) khoảng 29%. Nhưng với hệ số an toàn theo Tiêu chuẩn này là 1,74 thì sức chịu tải cho phép theo tính toán lý thuyết vẫn nhỏ hơn sức chịu tải giới hạn thực tế (như trường hợp cọc khoan nhồi của cầu MT, $Q_u$ = 3900 tấn > $Q_a$ = 3172 tấn).

*2.1.3.2. Sức kháng dọc trục của đoạn cọc nằm trong tầng đá*

Để xác định sức kháng dọc trục của cọc khoan ngàm trong các hốc đá, có thể bỏ qua sức kháng mặt bên từ trầm tích đất phủ nằm ở phía trên lớp đá.

Nếu đá bị suy thoái phong hoá, dùng các phương pháp thi công đặc biệt làm cho đường kính hốc đá ngàm cọc lớn hơn hoặc phải xét đến chiết giảm sức kháng của hốc đá ngàm chân cọc đó.

Các hệ số sức kháng cho cọc khoan ngàm trong đá phải được lấy như quy định trong Bảng 10.5.5-3 của Tiêu chuẩn 22TCN 272 - 2001.

**Bảng 10.5.5-3 của Tiêu chuẩn 22TCN 272-01**

| Phương pháp / nền đá / điều kiện | | | Hệ số sức kháng |
|---|---|---|---|
| Khả năng chịu lực tới hạn của cọc khoan đơn | Sức kháng thành bên trong đá | Carter và Kulhawy (1988)<br>Horvath và Kenney (1979) | 0,55<br>0,65 |
| | Sức kháng tại mũi cọc trong đá | Hiệp hội địa kỹ thuật Canada (1985) | 0,50 |
| Khả năng chịu lực nhổ của cọc khoan đơn | Đá | Carter và Kulhawy (1988)<br>Horvath và Kenney (1979) | 0,45<br>0,55 |

Về vấn đề tính sức kháng đỡ của tầng đá, theo Tiêu chuẩn 22TCN 272-2001 có nhiều khái niệm mới so với trước đây. Các phương pháp dùng để thiết kế móng cọc khoan trên nền đá cần được xem xét hiện trạng, hướng và điều kiện các vết nứt nẻ, các mặt cắt phong hoá ở từng vị trí cụ thể.

Khi thăm dò tầng đá gốc phải khoan sâu vào tầng đá gốc ít nhất 3m

Trước hết cần xác định trị số RQD của đá (chữ viết tắt tiếng Anh : Rock Quality Designation, nghĩa là Chỉ tiêu xác định chất lượng đá). Phải khoan lấy các mẫu đá lõi rồi tính theo công thức:

RQD = tỷ số giữa chiều dài của các đoạn lõi 10cm và dài hơn với chiều dài hành trình của lõi, tính theo phần trăm.

RQD là một chỉ số chất lượng chung của đá được đo trực tiếp ở nhiều vết nứt và tất cả những chỗ bị mềm hoặc có những biến đổi trong khối đá. Nó được xác định từ các lõi đá thu thập bằng thùng lấy mẫu 2 nòng cỡ nhỏ nhất NX (đường kính 54mm). Khi xác định RQD nếu lõi bị vỡ do vận chuyển hoặc quá trình khoan thì các miếng vỡ còn mới sẽ được gắn lại với nhau và coi là miếng liền. Bảng sau đây là phân loại RQD và trị số tương ứng của chất lượng dùng cho địa kỹ thuật.

**Bảng : Chỉ định chất lượng đá RQD (Deere và các cộng sự, 1967)**

| Phân loại RQD | Giá trị RQD % |
|---|---|
| Rất tốt | > 90 |
| Tốt | 75 ÷ 90 |
| Trung bình | 50 ÷ 75 |
| Kém | 25 ÷ 50 |
| Rất kém | < 25 |

Đối với móng đặt trên nền đá tốt, có thể áp dụng các phân tích đơn giản và trực tiếp dựa trên cường độ nén một trục của đá và trị số RQD. Đá tốt được định nghĩa như là một khối đá với các vết nứt không rộng hơn 3,2mm.

Đối với móng trên nền đá kém hơn, phải thực hiện các khảo sát điều tra và phân tích chi tiết hơn để xét đến ảnh hưởng của phong hoá và các vết nứt thực tế.

Kinh nghiệm thi công các cọc khoan của các cầu trên Quốc lộ 10 như Quý Cao, Non Nước, Đá Bạc, Kiền trong các năm 1999-2002 cho thấy đều gặp tình huống cọc khoan vào tầng đá nhưng độ cứng đá ở mức độ khác nhau. Khi đó đã nảy sinh tình huống phức tạp là : nếu tính theo đúng Tiêu chuẩn 22TCN 272 - 2001 này thì phải bỏ qua ma sát thành bên của các tầng đất phía trên và chỉ tính sức chịu của đoạn cọc ngập trong tầng đá, điều này khiến cho phải khoan sâu vào đá cứng có chỗ đến hơn 10m, rất tốn kém và hư hỏng nhiều thiết bị khoan. Nếu tính theo các Tiêu chuẩn của Liên Xô cũ như trước đây thì vẫn an toàn mà không cần khoan quá sâu vào tầng đá.

*2.1.3.3. Tính sức chịu kéo xuống (xét ma sát âm) của cọc khoan*

Trong thiết kế móng cọc khoan cho mố cầu có chiều cao đất đắp sau mố cao và trên nền đất có lún thường gặp tình huống như sau: (ví dụ ở dự án cầu Giẽ trên Quốc lộ 1 năm 1998)

- Nếu đắp đường trước, đến đủ cao độ, sau đó cho xảy ra lún cố kết xong mới bắt đầu thi công cọc khoan khối của móng mố thì sự lún của nền đất yếu không ảnh hưởng đến sức kháng của cọc khoan nhồi. Nhưng thời gian thi công toàn cầu có thể kéo dài do phải chờ lún xong nền đường.

- Nếu muốn tranh thủ thời gian thi công bằng cách thi công cọc nhồi xong rồi mới đắp đất nền đường thì do lún cố kết sẽ xuất hiện ma sát âm tác dụng lên thành bên của cọc khoan nhồi, kéo nó xuống theo phương thẳng đứng. Đó là hiện tượng kéo xuống mà sẽ làm giảm khả năng chịu tải hữu ích của cọc khoan nhồi. Cần phải xét điều này trong tính toán.

Để tính toán tải trọng kéo xuống thì tính với hướng của lực ma sát bề mặt được đảo lại. Tải trọng kéo xuống tính toán phải được cộng thêm vào tải trọng tĩnh thẳng đứng tính toán khi xét trạng thái giới hạn cường độ cũng như khi xét trạng thái giới hạn sử dụng về lún của móng cọc.

*2.1.3.4. Xác định sức chịu tải theo của cọc khoan nhồi theo kết quả thí nghiệm thử tải cọc tại hiện trường*

Sức chịu tải của cọc khoan nhồi rất lớn, trị số thay đổi trong khoảng từ vài trăm tấn đến vài ngàn tấn. Do đó việc chọn phương pháp thử tải thích hợp là rất quan trọng, bởi vì nó quyết định đến giá thành cũng như độ chính xác của việc thử tải cọc. Hiện nay, thường dùng 2 phương pháp thử tải, đó là thử tải tĩnh và thử tải động.

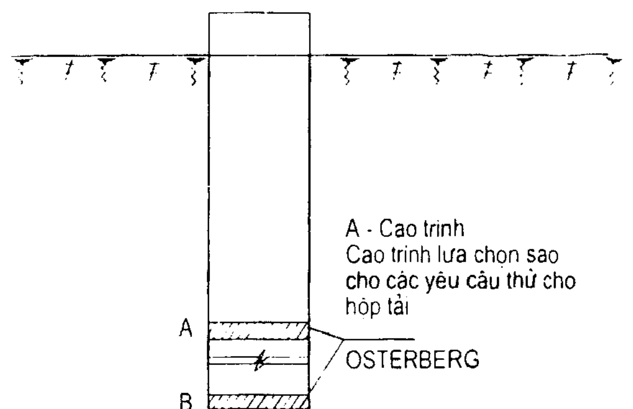
*2.1.3.2.1. Xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo phương pháp thử tải tĩnh cọc*

Phương pháp thí nghiệm theo phương pháp giữ tải trọng từng cấp cho đến hai hoặc ba lần tải trọng thiết kế. Tuỳ theo đối trọng để nén cọc mà ta sẽ dùng các phương pháp sau đây:

+ Dùng hệ cọc neo làm đối trọng, các cọc neo được liên kết với nhau bằng những dầm thép để tì kích thủy lực và nén cọc;

+ Dùng các khối vật liệu nặng (như bê tông) làm đối trọng thay cọc neo;

+ Dùng trọng lượng bản thân cọc và ma sát của đất xung quanh cọc làm đối trọng và dùng hộp thử tải Osterberg để thử tải trọng cọc khoan nhồi (xem hình 2-7);




***Hình 2-7:** Sơ đồ đặt hộp tải trọng Osterberg để thử tải trọng cọc khoan nhồi*

Về cách thí nghiệm và sử dụng kết quả thì mỗi nước có quy định khác nhau. Dưới đây trình bày một số quy trình của một số nước trên thế giới:

*2.1.3.2.2. Theo Tiêu chuẩn 20 TCN 88-82 phương pháp thí nghiệm hiện trường*

+ Việc gia tải phải tiến hành đồng đều, tránh các xung lực, phải theo từng cấp, trị số của các cấp tải trọng theo các chu trình thí nghiệm, nhưng không lớn hơn 1/10 tải trọng lớn nhất tác dụng lên cọc đã ghi trong quy trình thí nghiệm. Khi ở chân cọc chống vào đất hòn lớn, cát có lẫn cuội sỏi ở trạng thái chặt, cũng như đất sét ở trạng thái cứng thì đối với 3 cấp tải trọng đầu, cho phép lấy bằng 1/5 giá trị cao nhất của tải trọng tác dụng lên cọc;

+ Với mỗi cấp tải trọng, ghi lại số đọc ở các thiết bị đo; ghi số đầu tiên ngay sau khi đặt tải, 4 số ghi tiếp theo cứ 15 phút một lần, 2 số ghi sau đó cứ 30 phút một lần và tiếp theo là 1 giờ 1 lần cho đến khi chuyển vị (độ lún) đã tắt (gọi là ổn định quy ước);

+ Tốc độ lún (chuyển vị) của cọc trong đất được coi là ổn định quy ước như sau:

- Không quá 0,1mm sau 1 giờ quan sát cuối cùng nếu ở chân cọc thí nghiệm đặt lên đất cát hoặc đất sét cứng đến dẻo;
- Không quá 0,1mm sau 2 giờ quan sát cuối cùng nếu ở chân cọc thí nghiệm đặt lên đất sét dẻo mềm đến chảy;
- Còn đối với cọc cho các móng cầu thì không quá 0,1mm sau 30 phút cuối cùng khi cọc tựa lên đất hòn lớn, đất cát, đất sét ở trạng thái cứng, hay sau 1 giờ cuối cùng, khi ở chân cọc tựa lên đất sét ở trạng thái nửa cứng và gần cứng.

+ Cần phải tăng tải trọng thí nghiệm tới khi độ lún không nhỏ hơn 40cm trừ trường hợp ở chân cọc tựa vào đất hòn lớn cát chặt, cũng như sét ở trạng thái cứng, các trường hợp này tải trọng phải được tăng như chương trình thí nghiệm đã nêu nhưng không nhỏ hơn 1,5 lần giá trị tải trọng tác dụng lên cọc;

+ Tiến hành dỡ tải sau khi đạt tới tải trọng lớn nhất. Dỡ tải từng cấp, mỗi cấp lớn gấp đôi cấp gia tải;

+ Tiến hành quan trắc chuyển vị đàn hồi của cọc với mỗi cấp tải trọng trong vòng 15 phút;

+ Sau khi đã dỡ tải hoàn toàn đến không, cần quan trắc chuyển vị đàn hồi trong vòng 30 phút trong trường hợp đất ở dưới chân cọc là cát, 1giờ trong trường hợp đất ở dưới chân cọc là đất sét, cứ 15 phút ghi 1 lần;

+ Thời điểm dừng thí nghiệm và xác định tải trọng giới hạn, $P_{gh}$, được quy định như sau:

- Nếu ứng với một cấp tải nào đó mà độ lún Δ tăng liên tục (nhưng Δ vẫn nhỏ hơn 20mm) thì dừng thử và lấy cấp tải trọng đó làm tải trọng giới hạn cho tất cả các loại công trình;
- Đối với công trình cầu, nếu tổng độ lún $\Delta > 40$mm mà số gia độ lún ứng với một cấp tải trọng nào bằng hoặc lớn hơn 5 lần số gia độ lún của cấp tải trọng trước đó, hoặc độ lún không tắt trong một ngày đêm thì dừng thử và lấy cấp tải trọng trước đó làm tải trọng giới hạn.
- Đối với các công trình còn lại, tải trọng giới hạn $P_{gh}$ của cọc khoan nhồi bằng cấp tải trọng mà dưới tác dụng của cấp tải trọng ấy có độ lún Δ, xác định theo công thức sau:

$$\Delta = \xi S_{gh} \qquad (2.19)$$

trong đó:

$S_{gh}$: độ lún giới hạn cho phép đối với công trình;

$\xi$ : hệ số chuyển đổi kể đến sự khác nhau giữa thời gian tác dụng của tải trọng khi thí nghiệm và của tải trọng thực tế, lấy $\xi = 0.2$.

Nếu độ lún $\Delta > 40$mm thì $P_{gh}$ nên lấy bằng cấp tải trọng ứng với $\Delta = 40$mm;

Tải trọng cho phép $P_a$ được xác định như sau:

$$P_a = m\frac{P_{gh}}{FS} \qquad (2.20)$$

trong đó:

m: hệ số điều kiện làm việc, khi thử tải trọng chịu nén, lấy m = 1;

FS: hệ số an toàn đối với đất, được lấy như sau: số cọc thử < 6 cọc trong điều kiện đất nền như nhau thì $P_{gh} = P_{gh\,min}$ trong các kế quả thử và FS = 1, còn nếu số cọc thử > 6 cọc thì $P_{gh}$ và FS xác định bằng cách xử lý các kết quả thí nghiệm bằng phương pháp thống kê.

*2.1.3.2.3. Theo Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam, TCXD 196 : 1997*

Đối trọng có thể là các cọc neo hoặc chất vật nặng đặt trên một hệ dầm thép nằm trên dầm chính. Các kích nén cọc được bố trí sao cho lực nén tổng nằm ở vị trí tâm cọc. Từ 2 đến 4 đồng hồ thiên phân kế loại hành trình 5cm được dùng để đo chuyển vị đầu cọc. Một máy kinh vĩ được dùng để kiểm tra độ chuyển dịch hệ gá đồng hồ (nếu có) và chuyển dịch của hệ đối trọng.

Tiêu chuẩn này dựa theo BS 8004 : 1986, ASTM và kinh nghiệm thực tế. Quy trình thí nghiệm có thể được giải thích chi tiết theo Bảng 2-9.

**Bảng 2-9: Quy trình thí nghiệm**

| TT | Tải trọng (% tải trọng thiết kế) | Thời gian gia tải |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| A | Gia tải bước 1: | |
| 1 | 25 | Đến khi tốc độ lún nhỏ hơn 0.25mm trong 1 giờ |
| 2 | 50 | Như trên |
| 3 | 75 | Như trên |
| 4 | 100 | Như trên hoặc 24 giờ |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 5 | 50 | Đến khi tốc độ hồi phục nhỏ hơn 0,25mm trong 1 giờ |
| 6 | 25 | Như trên |
| 7 | 0 | Như trên cho đến lúc không đổi |
| B | Gia tải bước 2: | |
| 8 | 25 | Đến khi tốc độ lún nhỏ hơn 0,25mm trong 1 giờ |
| 9 | 50 | Như trên |
| 10 | 75 | Như trên |
| 11 | 100 | Như trên |
| 12 | 125 | Như trên |
| 13 | 150 | Như trên |
| 14 | 175 | Như trên |
| 15 | 200 | Như trên hoặc trong 24 giờ |
| 16 | 175 | Đến khi tốc độ hồi phục nhỏ hơn 0,25mm trong 1 giờ |
| 17 | 150 | Như trên |
| 18 | 125 | Như trên |
| 19 | 50 | Như trên |
| 20 | 0 | Như trên hoặc trong 6 giờ |

+ *Gia tải bước 1:*

- Cọc được gia tải theo từng cấp 25%, 50%, 75% và 100% tải trọng làm việc và đọc đồng hồ đo lún tại các thời điểm 1, 2, 4, 8, 15, 60, 120, 180, 240 phút và sau từng hai giờ một cho mỗi cấp nói trên;

- Tăng tải trọng lên cấp mới khi tốc độ lún sau 1 giờ là nhỏ hơn 0,25mm;

- Thời gian gia tải ở mỗi cấp không nhỏ hơn 1 giờ;

- Tại cấp tải trọng thiết kế, thời gian giữ tải không ít hơn 6 giờ và có thể kéo dài đến 24 giờ;

- Giảm tải qua các cấp 50%, 25%, 0%, đo chuyển vị hồi phục của cọc tại thời điểm 1, 2, 4, 15, 30, 60 phút. Tại cấp tải trọng 0% theo dõi cho đến lúc trị chuyển vị là không đổi.

+ *Gia tải bước 2:*

- Cọc được gia tải theo từng cấp 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200% (và có thể tăng đến các cấp 225 và 250% tuỳ theo ý kiến thiết kế) tải trọng làm việc và đọc đồng hồ đo lún tại các thời điểm 1, 2, 4, 8, 15, 60, 120, 180, 240 phút và sau từng hai giờ một cho mỗi cấp nói trên;

- Tăng tải trọng lên cấp mới khi tốc độ lún sau 1 giờ là nhỏ hơn 0,25mm;

- Giữ tải trong ở cấp 200% hoặc 250% trong 24 giờ hoặc cho đến lúc độ lún sau 1 giờ nhỏ hơn 0,25mm;

- Giảm tải qua các cấp 200, 150, 100, 50 và 0% tải trọng thiết kế và

- Đo chuyển vị hồi phục ở đầu cọc sau từng giờ cho đến lúc trị chuyển vị là không đổi.

*+ Thời điểm dừng thí nghiệm được quy định như sau:*

- Cọc bị phá hỏng do vật liệu và kích thước cọc không đảm bảo;

- Độ lún lớn nhất của cọc tại cấp tải trọng bằng 2,0 lần tải trọng thiết kế sau 24 giờ lớn hơn 2% đường kính cọc;

- Độ lún lớn nhất của cọc tại cấp tải trọng bằng 2.5 lần tải trọng thiết kế sau 24 giờ lớn hơn 2,5% đường kính cọc;

- Độ lún được lớn hơn 80mm.

*+ Tải trọng cho phép được lựa chọn với trị nhỏ nhất theo các điều kiện sau:*

- Bằng 40% cấp tải trọng mà ở đó độ lún tăng liên tục;

- Bằng 40% tải trọng gây ra độ lún, Δ, bằng 2% đường kính cọc, d ($s_{tt} = \Delta/d = 2\%$, $s_{tt}$ - được gọi là độ lún tương đối);

- Bằng 40% tải trọng giới hạn xác định theo phương pháp tiếp tuyến trên biểu đồ quan hệ tải trong - độ lún;

## 2.2. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI THẲNG ĐỨNG CỦA CỌC KHOAN NHỒI ĐANG SỬ DỤNG Ở VIỆT NAM

### 2.2.1. Áp dụng tiêu chuẩn thiết kế TCXD 195 :1997 với số liệu thí nghiệm trong phòng

Qua nghiên cứu một số vấn đề cần xem xét và những nhận xét dựa vào ví dụ áp dụng công thức tính toán các công trình thực tế có thể nhận xét như sau:

- Sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo đất nền (thi công bê tông cọc trong vữa bentonite), tính theo công thức của tiêu chuẩn này cho kết quả khá nhỏ so với thực tế và đặc biệt là sức chịu tải của cọc do ma sát hông (khi lớp đất ở hông cọc là tầng cát).

- Có thể xem xét bổ sung hoặc tham khảo điều chỉnh các hệ số $K_s\tan\varphi_a$ và $N_c$ cho phù hợp với khả năng chịu lực thực tế của cọc khoan nhồi trong điều kiện thi công có dùng vữa bentonite sau:

- $K_s\tan\varphi_a$ tra theo biểu đồ hình 2-2 (hay theo hình 2 - trang 303 TCXD 195) có giá trị rất nhỏ ($\approx 0$), có thể điều chỉnh bằng cách: nhân $K_s\tan\varphi_a$ với hệ số $\beta = 20$, nhưng $\beta K_s\tan\varphi_a \leq 0,65$;

- Hệ số $N_c = 6$, theo Tiêu chuẩn này, sẽ cho giá trị sức chống ở chân thấp hơn thực tế. Do đó có thể điều chỉnh hệ số này; lấy $N_c = 6[1 + 0,2(h/d)]$ ; $N_c \leq 9$ (với h = chiều dài cọc được chôn trong đất, d = đường kính cọc);

- Hệ số α tra theo biểu đồ hình 2-4 của Tiêu chuẩn AUSTROADS 1992;

### 2.2.2. Về áp dụng tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 272-01 của Việt Nam và tiêu chuẩn AASHTO - LRFD - 1998 của Hoa Kỳ có sử dụng số liệu thí nghiệm hiện trường

Sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo đất nền (thi công bê tông cọc trong vữa bentonite), tính theo công thức của Tiêu chuẩn này cho kết quả rất khá gần với thực tế. Hệ số sức kháng quy định cho từng lớp đất, do đó rất tiện lợi cho người thiết kế có thể kiểm tra khả năng chịu lực đối với từng địa tầng đất mà cọc xuyên qua. Tuy còn tương đối mới đối với đội ngũ kỹ sư ở các tỉnh, nhưng hiện nay Tiêu chuẩn này đã và đang được áp dụng trong tính toán một số cầu có vốn đầu tư nước ngoài và cho kết quả tương đối chính xác với kết quả thí nghiệm thử tải tĩnh ở hiện trường. Vì vậy nên áp dụng để tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo đất nền rất hợp lý.

### 2.2.3. Về tiêu chuẩn thiết kế AUSTROADS :1992 của Úc

Sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo đất nền (thi công bê tông cọc trong vữa bentonite), tính theo công thức của Tiêu chuẩn này cho kết quả rất khá gần với thực tế. Kiến nghị có thể dùng tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi theo đất nền.

## 2.3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN CỌC KHOAN NHỒI

Sau đây giới thiệu một vài bảng tính cọc khoan nhồi trên EXCEL đã thực hiện ở dự án cầu ĐB (cọc ngàm sâu vào nền đá) và cầu MT (cọc xuyên qua tầng đất yếu) để bạn đọc tham khảo

**TÍNH SỨC CHỊU CỌC KHOAN NHỒI TRONG ĐÁ**

*Tên cầu* ĐB

*Trụ* P5

*Kiểu cọc* 2 ('1' = đúc sẵn, '2'= đổ BT tại chỗ) Side : 2000 (mm)

SỐ LIỆU NHẬP BAN ĐẦU

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cao độ đáy bệ cọc | -8.742 | | |
| Cao độ tầng đá nền phong hoá | -22.459 | | |
| Cao độ tầng đá gốc | -25.659 | | |
| Hệ số làm việc | FP = 0.55 | | |
| Chiều dài chôn cọc | L = 19.42 | m | |
| Chu vi cọc | P = 6.28 | m | |
| Diện tích cọc | $A_t$ = 3.140 | $m^2$ = | 19.01 $ft^2$ |
| Cường độ bê tông cọc | $f'_c$ = 30 | MPa = | 3060 ($T/m^2$) |
| Tỷ trọng bê tông | $\gamma$ = 25 | $kN/m^3$ | |
| Cường độ đá nền | $C_o$ = 1254 | Ksf | |
| | = 6120 | $T/m^2$ | |

TÍNH TOÁN

Cường độ thành bên của hốc đá

*(APPLY 4.6.5.3.1 AND FIGURE 4.6.5.3.1A IN AASHTO 1996-CONSULT AASHTO 1998)*

Công thức $Q_{SR} = \pi.B_r.D_r.(0,144.q_{SR})$

trong đó

$D_r$ = Chiều dài hốc đá

$B_r$ = Đường kính hốc đá

$q_{SR}$ = Cường độ cắt giới hạn dọc theo mặt tiếp xúc cọc với hốc đá

Thiết kế hốc đá theo cường độ nén của nền đá hoặc bê tông

$$\alpha_E = 0{,}0231 \times (RQD) - 1{,}32 \geq 0{,}15$$

$$C_m = \alpha_E \times C_0$$

Chọn $q_{SR}$

| Lớp | Độ sâu m | RQD % | $\alpha_E$ | $C_o$ T/m² | $C_m$, $f'_c$ T/m² | $C_m$ psi | $q_{SR}$ psi | $Q_{SR}$ T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,200 | 18,00 | 0,150 | 3175 | 476,3 | 680,357 | 60 | 848,93 |
| 2 | 2,500 | 69,00 | 0,274 | 6120 | 1676,3 | 2394,67 | 120 | 1326,45 |
| Cộng | 5,700 | | | | | | | 2175,37 |

Lực đẩy nổi, trọng lượng bản thân

$W_{PiLe} = \gamma_c \times L \times A_t - A_t \times L \times \gamma_n$ = 1463,27

149,16

Wc = 2 × 15 × 21 × 2,5/10 = 157,50

**KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CHO PHÉP CỦA CỌC**

SỨC CHỊU CỦA CỌC THEO NỀN $Q_T = (Q_{SR} - W_{PILE} - Wc) \times FS$ = 1027,79 (T)

KẾT LUẬN

| | | |
|---|---|---|
| sức chịu cọc | 1027,79 | (T) |
| nội lực cọc | 829,26 | (T) |
| với cao độ chân cọc là | -28,159 | (Ok) |

# TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI THEO CÔNG THỨC GỐC

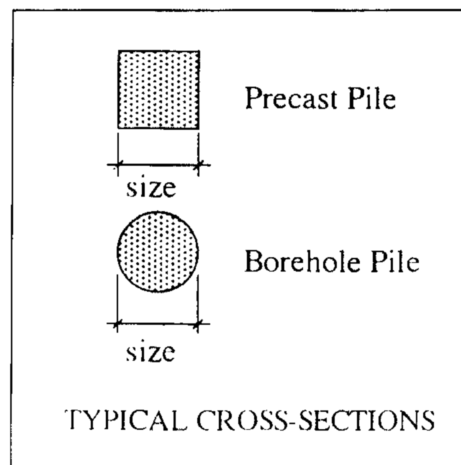
## (Theo thí nghiệm trường (SPT) - TCXD 195 : 1997 - Việt Nam)

**BỘ PHẬN:** CỌC THỬ P2 TRỤ NEO 14 - BỜ NAM

**TÊN CẦU:** CẦU MT

### Vào số liệu

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tiết diện cọc (đường kính cọc) | d | 2500 | mm |
| Chiều dài cọc | L | 85,55 | m |
| Chu vi cọc | P | 7,85 | m |
| Diện tích mặt cắt ngang cọc | Ap | 4,91 | $m^2$ |
| Mác thiết kế của bê tông cọc | M | 400 | $kG/cm^2$ |
| Cường độ tính toán của bê tông cọc | Ru | 600 | $t/m^2$ |
| Trọng lượng riêng của bê tông | $\gamma_b$ | 2,5 | $t/m^3$ |
| Số thanh cốt thep dọc | nt | 20 | thanh |
| Đường kính thanh cốt thép | dt | 40,0 | mm |
| Cường độ giới hạn chảy của cốt thép | Rc | 27000 | $t/m^2$ |
| Cường độ tính toán của cốt thép | Ran | 18000 | $t/m^2$ |
| PP thi công cọc: '1' có bentonite, '0': không | | 1 | |




Các số liệu thí nghiệm địa chất

Chỉ số N
0 20 40 60
0 -10 -20 -30 -40 -50 -60 -70 -80 -90
Độ sâu (m)

Sức chịu tải cho phép theo đất nền

Công thức: $Q_a = Q_{as} + Q_{ap} - W_p$

$Q_{as} = P.\Sigma\beta N_i.l_i$ ; $Q_{ap} = 1,5N_mA_p$

$W_p = L.A_p.(\gamma_b - \gamma_w^{tb})$

| Lớp số | Cao độ đáy lớp (m) | Chiều dày lớp (m) | Loại đất '0': 0. dính 'd': dính 'r': rơi | $\gamma_w$ $t/m^3$ | N $t/m^2$ | β = 0,15: Rời 0,43: Dính | $Q_{as}$ tấn | $Q_{ap}$ tấn | $W_p$ tấn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MNN | | | | | | | | | |
| MdTK | -0,95 | | | | | | | | |
| 1 | -20,00 | | | | | | | | |
| 2 | -39,00 | 19,05 | d | 1,7 | 7,0 | 0,43 | 450,35 | | |
| 3 | -54,00 | 19,00 | d | 1,85 | 45,0 | 0,43 | 2887,52 | | |
| 4 | -72,00 | 15,00 | r | 2,1 | 45,0 | 0,15 | 795,22 | | |
| 5 | -86,50 | 18,00 | d | 1,96 | 50,0 | 0,43 | 3039,49 | | |
| 6 | - | 14,50 | r | 2,1 | 52,0 | 0,15 | 888,29 | | |
| 7 | - | - | | | | - | - | | |
| 8 | - | - | | | | - | - | | |
| 9 | - | - | | | | - | - | | |
| 10 | - | - | | | | - | - | | |
| | | | $\gamma_w^{tb}$ = | 1,942 | 50,0 | = Nm | | | |
| | | 85,55 | | | | Tổng cộng: | 8061,00 | 368,00 | -234 |

**Sức chịu tải tính của cọc:** 3398 tấn

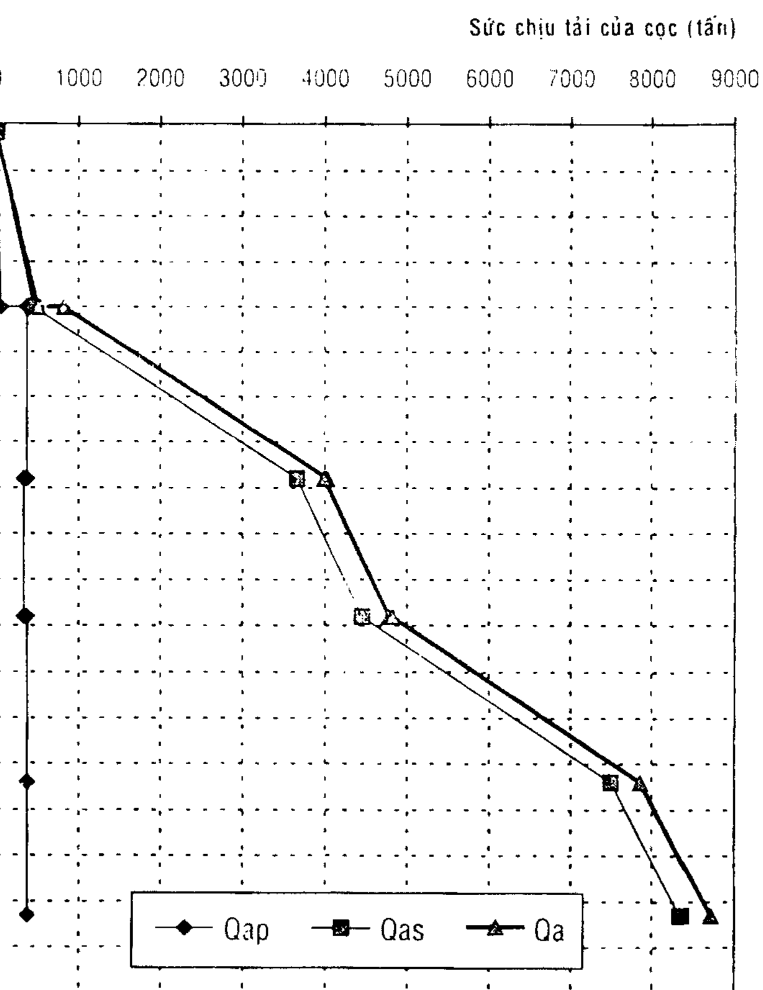
| | | |
|---|---|---|
| Sức chịu tải cho phép theo đất nền | $Q_a = Q_{as} + Q_{ap} - W_p$ | 8195 tấn |
| Sức chịu tải cho phép theo vật liệu | $Q_a = R_uA_p + Ran.F_a$ | 3398 tấn |

**Bảng xác định chịu tải của cọc theo đất nền phụ thuộc vào chiều sâu và đường kính cọc ở cầu MT**

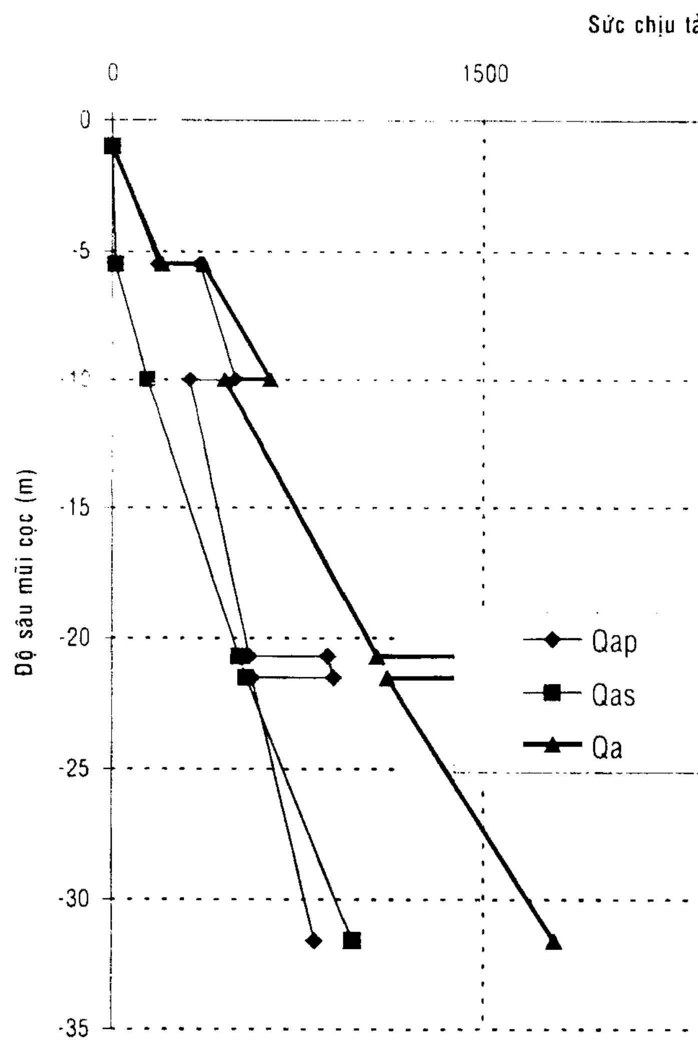
chôn cọc (m), Đường kính cọc (m)

| 1m | | | 1,5m | | | 2m | | | 2,5m | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{ap}$ | $Q_{as}$ | $Q_a$ | $Q_{ap}$ | $Q_{as}$ | $Q_a$ | $Q_{ap}$ | $Q_{as}$ | $Q_a$ | $Q_{ap}$ | $Q_{as}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.25 | 180.14 | 188.39 | 18.5626 | 270.21 | 288.7725 | 33 | 360.25 | 393.28 | 51.5625 | 450.35 |
| 58.9 | 180.14 | 239.04 | 132.525 | 270.21 | 402.735 | 235.6 | 360.28 | 595.88 | 368.125 | 450.35 |
| 58.9 | 1463.48 | 1522.38 | 132.525 | 2195.22 | 2327.745 | 235.6 | 2926.96 | 3162.56 | 368.125 | 3658.7 |
| 53.01 | 1463.48 | 1516.49 | 119.2725 | 2195.22 | 2314.493 | 212.04 | 2926.96 | 3139 | 331.3125 | 3658.7 |
| 53.01 | 1781.57 | 1834.58 | 119.2725 | 2672.355 | 2791.628 | 212.04 | 3563.14 | 3775.18 | 331.3125 | 4453.925 |
| 58.9 | 1781.57 | 1840.47 | 132.525 | 2672.355 | 2804.88 | 235.6 | 3563.14 | 3798.74 | 368.125 | 4453.925 |
| 58.9 | 2997.37 | 3056.27 | 132.525 | 4496.055 | 4628.58 | 235.6 | 5994.74 | 6230.34 | 368.125 | 7493.425 |
| 58.9 | 2997.37 | 3056.27 | 132.525 | 4496.055 | 4628.58 | 235.6 | 5994.74 | 6230.34 | 368.125 | 7493.425 |
| 58.9 | 3339.02 | 3397.92 | 132.525 | 5008.53 | 5141.055 | 235.6 | 6678.04 | 6913.64 | 368.125 | 8347.55 |

Biểu đồ xác định sức chịu của cọc ϕ2.5m (cầu MT) Theo TCXD 195 : 1997




Biểu đồ xác định sức chịu của cọc ϕ2



## TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI THEO CÔNG THỨC GỐC

*Tên cầu* **DB**

*Trụ* **P5**

*Kiểu cọc* 2 ('1' = đúc sẵn, '2'= đổ BT tại chỗ) Side : 2000 (mm)

SỐ LIỆU NHẬP BAN ĐẦU

| | | |
|---|---|---|
| Cao độ đáy bệ cọc | -8.742 | |
| Cao độ tầng đá nền phong hoá | -22.46 | |
| Cao độ tầng đá gốc | -25.66 | |
| Hệ số làm việc | FP = 0.55 | |
| Chiều dài chôn cọc | L = 19.42 | m |
| Chu vi cọc | P = 6.28 | m |
| Diện tích cọc | $A_t$ = 3.140 | $m^2$ = 19.01 $ft^2$ |
| Cường độ bê tông cọc | $f'_0$ = 30 | MPa = 3060 ($T/m^2$) |
| Tỷ trọng bê tông | $\gamma_0$ = 25 | $KN/m^3$ |
| Cường độ đá nền | $C_0$ = 1254 | Ksf |
| | = 6120 | $T/m^2$ |

TÍNH TOÁN

Cường độ thành bên của hốc đá

*(APPLY 4.6.5.3.1 AND FIGURE 4.6.5.3.1A IN AASHTO 1996-CONSULT AASHTO 1998)*

Công thức: $Q_{SR} = \pi.Br.Dr.(0{,}144.q_{SR})$

trong đó

Dr = Chiều dài hốc đá

Br = Đường kính hốc đá

$q_{SR}$ = Cường độ cắt giới hạn dọc theo mặt tiếp xúc cọc với hốc đá

Thiết kế hốc đá theo cường độ nén của nền đá hoặc bê tông

$$\alpha_E = 0.0231 \times (RQD) - 1{,}32 \geq 0{,}15$$

$$Cm = \alpha_E \times C_0$$

Chọn $q_{SR}$

| Lớp | Độ sâu m | RQD % | $a_E$ | Co $T/m^2$ | Cm,f'c $T/m^2$ | Cm psi | $q_{SR}$ psi | $Q_{SR}$ T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,200 | 18,00 | 0,150 | 3175 | 476,3 | 680,4 | 60 | 848,93 |
| 2 | 2,500 | 69,00 | 0,274 | 6120 | 1676,3 | 2395 | 120 | 1326,45 |
| **Cộng** | **5,700** | | | | | | | **2175,37** |

Lực đẩy nổi, trọng lượng bản thân

$W_{Pile} = g_c \times L \times At - At \times L \times g_n$ 1027,79

149,16

$Wc = 2 \times 15 \times 21 \times 2{,}5/10 =$ 157,50

KHẢ NANG CHỊU LỰC CHO PHÉP CỦA CỌC

| SỨC CHỊU CỦA CỌC THEO NỀN | $Q_1 = (Q_{SR} - W_{PILE} - Wc) \times FS$ | = 1027,79(T) |
|---|---|---|

KẾT LUẬN

| | |
|---|---|
| Sức chịu cọc | 1027,79 (T) |
| Nội lực cọc | 829 (T) |
| Với cao độ chân cọc là | -28,159 (Ok) |

## 2.4. CÁC TÍNH TOÁN PHỤC VỤ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI

### 2.4.1. Các vấn đề cần tính toán

Nhà thầu thi công cọc khoan cần tính toán về ống chống vách và một số bài toán khác phục vụ thi công.

Các nội dung tính toán phục vụ thi công cọc khoan nhồi được yêu cầu trong Quy trình thiết kế các công trình phụ tạm để xây dựng cầu 22TCN được Bộ Giao thông vận tải ban hành năm 1998. Quy trình này có nội dung dựa trên Quy trình tương tự của Liên Xô cũ và dùng phương pháp tính toán theo các trạng thái giới hạn....

### 2.4.2. Ví dụ về tính toán độ ổn định ống vách bằng thép trong các giai đoạn thi công

Sau đây là một ví dụ về tính toán ống chống vách khi khoan có dùng vữa sét để giữ ổn định thành lỗ khoan.

*2.4.2.1. Xét ứng suất giai đoạn lắp đặt ống thép*

Ống vách thép được hạ sâu vào trong đất bằng búa rung thủy lực Mueller Vibrator MS 200H. Búa rung này có lực nén đúng tâm là 4000 kN.

Phân bố ứng suất theo mặt cắt ngang ống thép

$$A = (2540^2 - 2500^2) \times \pi/4 = 158336 \text{ mm}^2$$

Ứng suất nén trung bình : $\sigma_x = 4000000 : 158336 = 25 N/mm^2$

*2.4.2.2. Xét độ oằn uốn của ống thép*

Ứng suất kéo uốn tới hạn :

$$\sigma_{xsi} = \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \times \frac{t}{r}$$

trong đó

$E = 2,1 \times 10^7$ Tấn/m (Môdun đàn hồi)

$\nu = 0,3$ (Hệ số poisson)

$t = 0,02$ m (Chiều dày của thành vỏ ống thép)

$r = 1,26$ m (Bán kính vỏ ống thép)

Do đó : $\sigma_{cr} = \frac{2,1 \times 10^7}{\sqrt{3(1-0,3^2)}} \times \frac{0,02}{1,26} = 20,174$ tấn/m$^2$

Ứng suất uốn thực tế của ống thép

$$\sigma_{xSRK} = K \times f_{y,k}$$

trong đó

K - hệ số giảm lấy từ ứng suất cho phép khi chưa hoàn tất

$f_{y,k}$ - ứng suất tới hạn

Đánh giá giá trị K quan hệ với giá trị độ mảnh

$$\bar{\lambda}_{xx} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{xsi}}} = \sqrt{\frac{250}{2017}} = 0,35$$

Thay vào giá trị K: $K = 1,233 - 0,933 \times \bar{\lambda}_{xx}$

$= 1,233 - 0,933 \times 0,35 = 0,90$

Do đó: $\sigma_{xSRk} = K \times f_{y,K} = 0,90 \times 250 = 226$ N/mm$^2$ >> $\sigma_x$

Kết luận là: Đảm bảo độ an toàn vỏ ống thép không bị oằn uốn.

*2.4.2.3. Độ oằn uốn của ống (tính theo Tiêu chuẩn của Đức DIN 18 800/2)*

Chiều dài bị oằn uốn $S_K \sim 2$ lần chiều dài tự do

$\sim 2 \times 25$ m $= 50$ m

$\Rightarrow$ Độ mảnh: $\lambda_K = \frac{50}{i} = \frac{50}{0,89} = 56$

$$\left( i = \sqrt{\frac{J}{A}} = \sqrt{\frac{2,54^4 - 2,50^4}{2,54^2 - 2,50^2} \times \frac{4}{64}} = 0,89 \right)$$

$$\lambda_a = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} = \pi \sqrt{\frac{21.10^4}{250}} = 91$$

$$\overline{\lambda}_K = \frac{\lambda_k}{\lambda_a} = 0{,}62$$

$$K = \frac{1}{K + \sqrt{k^2 - \overline{\lambda}_K^2}} = 0{,}83$$

$$\left(k = 0{,}5\left[1 + 0{,}34\left(\overline{\lambda}_k - 0{,}2\right) + \overline{\lambda}_k^2\right] = 0{,}76\right)$$

$$N_{oằn-uốn} = K \times N_{dẻo} = 0{,}83 \times A \times f_{yk}$$

$$= 0{,}83 \times 158336 \times 250 = 32855kN$$

Hệ số an toàn: $\eta = \dfrac{32855}{4000} = 8{,}2$ Đạt yêu cầu

*2.4.2.4. Xét khả năng giảm chiều sâu hạ ống thép*

Chiều sâu liên kết của vỏ ống thép hạ vào trong đất được ước tính là 14,8m. Nếu dự kiến chiều sâu ống thép xuyên vào trong lớp đất (-40.0msl) sẽ không thể đạt được do hạn chế của khả năng hoạt động của búa rung (chẳng hạn như sau khi cho phép phá vỡ lớp đất sét đạt đến phần đất cố kết) vì búa tạo lực rung để hạ vỏ ống thép không thắng được sức kháng của đất nền. Trong trường hợp hạ ống thép không có ma sát thành bên bên trong vỏ ống thép (do đất bên trong ống thép được gầu ngoạm đào đi một phần) thì chỉ lực kháng của đất chống lại lực hạ ống thép của búa chỉ có một ít phản lực ở mũi vỏ ống thép. Ma sát thành bên bên ngoài của ống thép được tính trong trường hợp với lực rung hạ ống thép đúng tâm của búa đạt giá trị tối đa là 400 tấn, khi đó ma sát thành bên (ma sát hông) bên ngoài ống thép được tính với công thức:

$$\tau_{ngoài} \approx \frac{400}{\pi \times 2{,}54 \times 14{,}8} = 3{,}4 \text{ Tấn/m}^2$$

Sử dụng cách lập luận đơn giản này để tính được tất cả các giá trị ma sát hông bên ngoài $\tau$ đối với các tải trọng tĩnh, khi đó chiều dài liên kết sẽ là:

$$\eta \times \text{Tải trọng} = L_{Liên\ kết} \times \pi \times D \times \tau$$

trong đó $\eta$ - là hệ số an toàn

Tải trọng - là tổng giá trị tải trọng đứng

D - là đường kính ngoài vỏ ống thép

$\tau$ - là hệ số ma sát thành bên (dưới tác dụng của tĩnh tải)

Vì vậy: $\text{Liên kết} = \dfrac{1{,}5 \times 12{,}8}{\pi \times 2{,}54 \div 3{,}4} = 7{,}1\text{ m}$

Liên kết yêu cầu = 2,0 + 7,1 + 2,0 = 12,1m

Nên chiều sâu hạ ống thép ngàm vào đất ngắn hơn 12m gần với kết quả tính toán dự kiến trong quá trình hạ ống thép thực tế tại hiện trường (Lực kháng tác dụng lên ống thép theo chiều dài ống ngàm vào đất có xét đến việc đào đất bên trong ống thép để giảm ma sát hông bên trong ống).

*2.4.2.5. Khả năng chịu nén*

Theo tài liệu địa chất tính toán được cường độ lực cắt trong các lớp đất như sau:

- Lớp sét $C_1$ $S_u = 10 \div 30$ kPa
- Lớp sét $C_2$ $S_u = 200$ kPa

Ma sát hông trong các lớp đất sẽ là

$\sum c_1 = 10 \div 30$ kPa

$\tau_{c2} = 0,4 \times 200 = 80$ kPa

Ta có:

$$V_{ULT} = 6287 \text{ KN}$$

$$W = \frac{6,85}{7,85} \times 765 = 650\text{kN} \text{ (Lực neo)}$$

$$F = \frac{6287}{650} = 9,7 \text{ (chấp nhận)}$$

*2.4.2.6. Chuyển vị ngang*

Cường độ tới hạn $f_{yik} = 250$ MPa

$$\Rightarrow \quad M_{\text{tới hạn}} = 250 \times \frac{\pi}{32} \frac{\left(2,54^4 - 2,50^4\right)}{2,54} = 24,7\text{MN.m}$$

$$\frac{M_{\text{tới hạn}}}{C_u \times d^3} = \frac{24,7}{\left(0,075 \times 2,5^3\right)} = 21$$

$$M_H = 1,9 \times 0,075 \times 2,5^3 = 0,89\text{MN} = 890\text{kN}$$

$$\varphi = 20°$$

$$\frac{M_{\text{tới hạn}}}{K_p \times \gamma \times d^4} = \frac{24700}{\tan^2\left(45 + \frac{20}{2}\right) \times 10 \times 2,5^4} = 31$$

$$\Rightarrow \quad H_u = 2,0 \times \tan^2\left(45 + \frac{20}{2}\right) \times 10 \times 2,5^4 = 638\text{kN}$$

*Độ uốn oằn theo phương ngang (biến dạng theo phương ngang)*

$$f = \frac{11 \times q_0 \times l^4}{120 \times E \times J} = \frac{11 \times 9,2 \times 27,30^4}{120 \times 2,1 \times 10^7 \times 0,126} = 0,18\text{m}$$

## Chương III

# CÔNG NGHỆ CỌC KHOAN NHỒI

## 3.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI CHO CÔNG TRÌNH CẦU

Từ năm 2000 Bộ Giao thông vận tải đã ban hành Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu cọc khoan nhồi 22 TCN 257-2000. Các Nhà thầu khi thực hiện mỗi dự án đều phải biên soạn một Quy trình thi công cọc khoan nhồi cụ thể phù hợp với nội dung của dự án, phù hợp với vật tư và thiết bị cụ thể của Nhà thầu và trên cơ sở tuân theo các chỉ dẫn của Tiêu chuẩn nói trên. Sau đó trình Quy trình cho Tư vấn giám sát để duyệt và thực hiện trong phạm vi dự án cụ thể.

Sau đây trình bầy nội dung công nghệ cọc khoan nhồi nói chung cho mọi dự án cầu và giới thiệu một số tình huống cụ thể đã áp dụng ở nước ta với các phương pháp và thiết bị khoan tạo lỗ khác nhau trong các điều kiện điển hình khác nhau: nền đất, nền đá; ở miền Bắc, miền Trung và miền Nam.

### 3.1.1. Chuẩn bị thi công

#### *3.1.1.1. Công tác thiết kế tổ chức thi công cọc khoan nhồi*

*Khi thiết kế tổ chức thi công cọc khoan nhồi cần phải điều tra và thu thập các tài liệu sau:*

1) Bản vẽ thiết kế móng cọc khoan nhồi, khả năng chịu tải, các yêu cầu thử tải và phương pháp kiểm tra nghiệm thu.

2) Tài liệu điều tra về địa chất, thuỷ văn, nước ngầm.

3) Tài liệu về bình đồ, địa hình nơi thi công, các công trình hạ tầng tại chỗ, như đường giao thông, mạng điện, nguồn nước phục vụ thi công.

4) Nguồn vật liệu cung cấp cho công trình, vị trí đổ đất khoan.

5) Tính năng và số lượng thiết bị thi công có thể huy động cho công trình.

6) Các ảnh hưởng có thể tác động tới môi trường và công trình lân cận.

7) Trình độ công nghệ và kỹ năng của đơn vị thi công.

8) Các yêu cầu về kỹ thuật thi công và kiểm tra chất lượng đối với cọc khoan nhồi.

*Nội dung của công tác thiết kế tổ chức thi công cọc khoan nhồi bao gồm :*

1) Lập bản vẽ mặt bằng thi công tổng thể bao gồm vị trí cọc, bố trí các công trình phụ tạm như trạm bê tông, hệ thống sàn công tác, dây chuyền công nghệ thiết bị thi công như máy khoan, các thiết bị đồng bộ đi kèm, hệ thống cung cấp và tuần hoàn vữa sét, hệ thống cấp và xả nước, hệ thống cấp điện, hệ thống đường công vụ.

2) Lập các bản vẽ thể hiện các bước thi công, các tài liệu hướng dẫn các thao tác thi công đối với các thiết bị chủ yếu. Lập hướng dẫn công nghệ thi công và các hướng dẫn sử dụng các thiết bị đồng bộ.

3) Lập tiến độ thi công công trình.

4) Lập biểu kế hoạch sử dụng nhân lực.

5) Lập biểu kế hoạch sử dụng thiết bị.

6) Lập bảng tổng vật tư thi công công trình.

7) Các biện pháp đảm bảo an toàn lao động và chất lượng công trình.

***3.1.1.2. Vật liệu và thiết bị***

Các vật liệu, thiết bị dùng trong thi công cọc khoan nhồi phải tuân thủ các yêu cầu nêu trong hồ sơ thiết kế, trong quy định của Quy phạm này và các tiêu chuẩn hiện hành.

Các thiết bị sử dụng như máy cẩu, máy khoan, búa rung v.v... phải có đầy đủ tài liệu về tính năng kỹ thuật, cũng như chứng chỉ về chất lượng, đảm bảo an toàn kỹ thuật của nhà chế tạo và phải được đăng kiểm của cơ quan thanh tra an toàn theo đúng các quy tắc kỹ thuật an toàn hiện hành (Ví dụ: Cục Đăng kiểm Việt Nam). Nếu đặt máy khoan trên các xà lan hoặc hệ nổi do Nhà thầu tự ghép lại từ các phao thì cần tiến hành tính toán và kiểm tra kỹ lưỡng về an toàn và ổn định của toàn hệ thống nổi khi vận hành cũng như khi di chuyển trên sông. Trong thực tế thi công nhiều cầu đã từng xảy ra sự cố tuột neo, trôi cả hệ nổi trong thời gian bão lũ về đột ngột như ở cầu Sông Hàn (Đà Nẵng), cầu Tuần (Huế) v.v...

Vật liệu sử dụng vào công trình cọc khoan nhồi như xi măng, cốt thép, vữa sét, phụ gia v.v... phải có đầy đủ hướng dẫn sử dụng và các chứng chỉ chất lượng của nhà sản xuất. Các vật liệu như cát, đá, nước, vữa sét, bê tông phải có các kết quả thí nghiệm đánh giá chất lượng cũng như thí nghiệm tuyển chọn thành phần bê tông, kết quả ép mẫu v.v... trước khi đưa vào sử dụng.

***3.1.1.3. Thi công các công trình phụ trợ***

Trước khi thi công cọc khoan nhồi, phải căn cứ vào các bản vẽ thiết kế thi công để tiến hành xây dựng các công trình phụ trợ như:

1) Đường công vụ để vận chuyển máy móc, thiết bị, vật tư phục vụ thi công.

2) Hệ thống cung cấp nước gồm nguồn nước (giếng nước, mương máng dẫn nước), các máy bơm, các bể chứa, hệ thống đường ống.

3) Hệ thống cấp điện gồm nguồn điện cao thế, hệ thống truyền dẫn cao và hạ thế, trạm biến áp, trạm máy phát điện v.v...

4) Hệ thống cung cấp và tuần hoàn vữa sét gồm kho chứa bột bentonite, trạm trộn vữa sét, các máy bơm, các bể lắng, hệ thống lọc xoáy, hệ thống đường ống.

5) Hệ thống cung cấp bê tông gồm các trạm bê tông, các kho xi măng, các máy bơm bê tông, và hệ thống đường ống v.v...

6) Các sàn đạo thi công, các khung dẫn hướng v.v...

Mặt bằng thi công phải dựa vào địa hình, vị trí xây dựng móng mà lựa chọn cho phù hợp và cần lưu ý những điểm sau:

1) Khi thi công trên bãi cạn, phải tiến hành san ủi, đắp đất tạo mặt bằng thi công, rải các tấm thép dầy hoặc tấm bê tông để máy khoan bánh xích có thể di chuyển khoan cọc.

2) Nếu thi công trên cạn, có thể tạo mặt bằng thi công bằng phương pháp đắp đảo đất.

3) Tại những nơi nước sâu hoặc địa chất phức tạp bùn lầy, phải làm sàn đạo cứng để đặt máy khoan và các thiết bị thi công cọc. Có thể dùng hệ nổi như phao, phà để đặt máy khoan nhưng phải neo cho hệ nổi ổn định. Có thể làm sàn đạo ngay trên đỉnh hệ khung vây cọc ván thép để cho máy khoan di chuyển. Cũng có thể làm đảo nhân tạo trong vòng vây cọc ván thép để đặt máy khoan lên như đã làm ở dự án cầu Đuống, cầu Lạc Quần. Tuy nhiên khi đó cần đặc biệt chú ý cho đúng mức nước thi công và cao độ đặt máy khoan để tránh sự cố như đã từng xảy ra ở cầu Lạc Quần: lũ về sớm và mức nước dâng cao quá nhanh gây mất an toàn cho đảo nhân tạo.

Nếu thiết bị khoan thuộc loại lớn, nặng phải điều tra đầy đủ để có phương án và lộ trình vận chuyển.

Cần đảm bảo có đủ diện tích công trường để lắp dựng thiết bị, xếp dụng cụ. Phải gia cố nền bãi, mặt đường tạo điều kiện thuận lợi cho việc lắp dựng các thiết bị thi công và phương tiện vận chuyển đi lại.

Để giảm thiểu tác hại đến môi trường xung quanh công trường, cần dự kiến phương án vận chuyển đất thải, dọn dẹp chướng ngại xung quanh và dưới mặt đất, tránh gây ô nhiễm môi trường. Phải xem xét tác hại của tiếng ồn, chấn động và có biện pháp hạn chế ảnh hưởng đến khu vực xung quanh.

Trước khi khoan cọc phải kiểm tra lại đường cơ tuyến, lập các mốc cao độ, các cọc định tim cọc khoan. Các mốc cao độ và cọc định tim phải được đặt ở vị trí không bị ảnh hưởng khi khoan và phải được bảo vệ cẩn thận.

Đặc biệt trước khi thi công khoan ở những vùng có nhiều bom mìn trong chiến tranh cần phải khảo sát thăm dò và có biện pháp rà phá bom mìn.

### 3.1.2. Công tác khoan tạo lỗ

#### *3.1.2.1. Thiết bị khoan tạo lỗ*

Công tác tạo lỗ khoan có thể chia thành hai dạng chủ yếu theo phương thức bảo vệ thành vách lỗ khoan như sau:

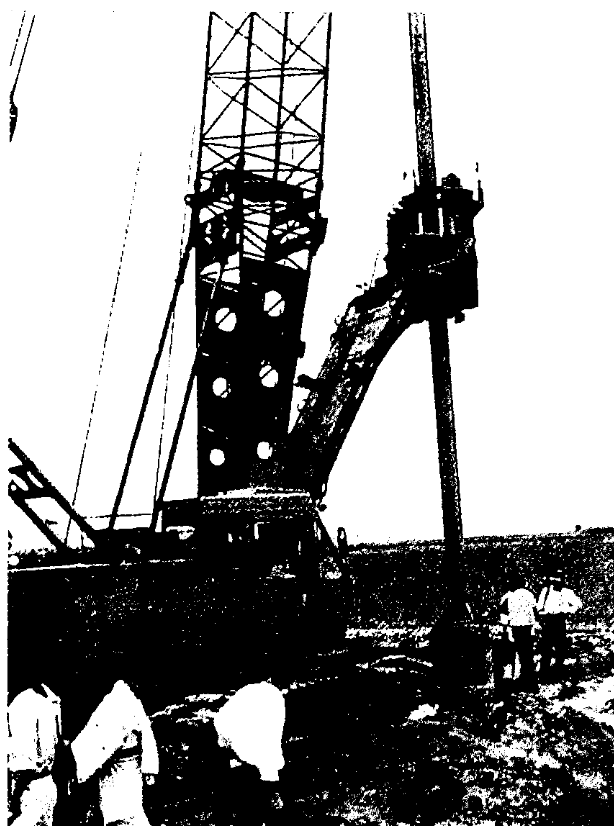
1. Khoan tạo lỗ không có ống vách, dùng bentonite để giữ vách;

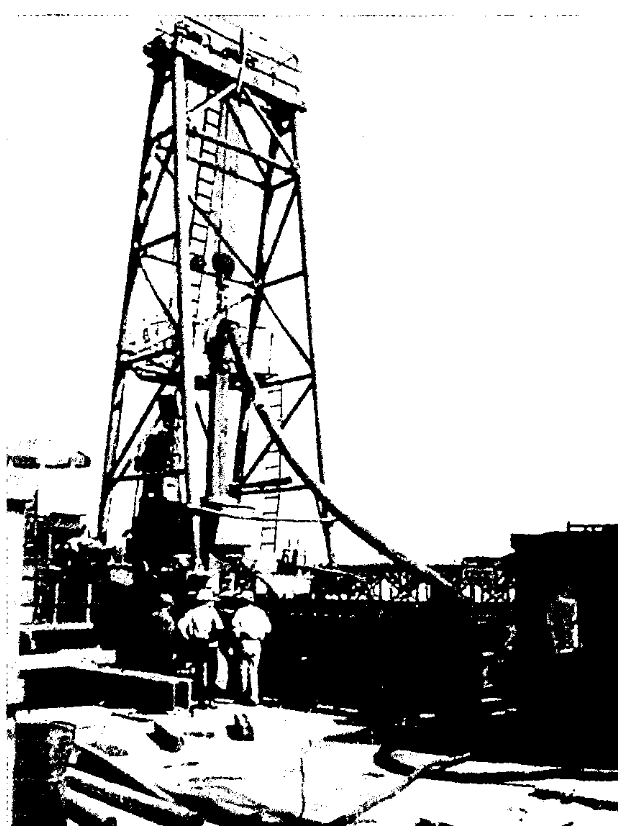
2. Khoan tạo lỗ có ống vách.

Thiết bị lấy đất, đá trong lòng lỗ khoan có các kiểu sau: choòng dập đá; gầu ngoạm; gầu xoay để hút bùn theo chu trình thuận, nghịch v.v...

Việc tạo lỗ trong lòng đất có thể thực hiện bằng các công nghệ, thiết bị khoan khác nhau. Mỗi công nghệ khoan cần có quy định các thông số khoan cụ thể để đảm bảo chất lượng tạo lỗ.

Hiện nay có rất nhiều nhãn hiệu và kiểu máy khoan khác nhau đang hoạt động được nhập từ nhiều nước khác nhau: Đức, Nhật, Trung Quốc,v.v... Do đó bên cạnh các kỹ sư cầu cần có các kỹ sư máy xây dựng cộng tác, Tương ứng với mỗi loại máy khoan, phải soạn một quy trình thi công phù hợp cụ thể cho điều kiện địa chất cụ thể của cầu.





*Hình 3-1: Một số loại máy khoan*

### 3.1.2.2. Ống vách

Theo đặc điểm kỹ thuật có thể chia ống vách thành hai loại:

a) Ống vách thuộc thiết bị khoan có kích thước về đường kính, chiều dài mỗi đoạn ống được chế tạo theo tính năng, công suất của từng loại máy khoan. Ống vách này được rút lên trong quá trình đổ bê tông;

b) Ống vách theo yêu cầu thi công không thuộc thiết bị khoan và được để lại trong kết cấu với mục đích:

- Giữ thành vách;
- Hoặc làm ván khuôn đối với phần cọc ngậm trong nước, cao hơn đáy sông;
- Bảo vệ cọc bê tông cốt thép trong trường hợp sông có vận tốc lớn và nhiều phù sa.

*3.1.2.2.1. Chế tạo ống vách*

Ống vách được chế tạo bằng thép bản cuốn và hàn thành từng đoạn ống tại các xưởng cơ khí chuyên dụng. Đường kính ống vách theo yêu cầu thiết kế, chiều dày ống vách thường từ 6 ÷ 16 mm; chiều dài các đoạn ống vách thường từ 6 ÷ 10m phụ thuộc vào đặc điểm thiết bị, vật tư và cẩu lắp, các yêu cầu kỹ thuật của cọc. Ống vách sử dụng để thi công cọc khoan nhồi phải có chứng chỉ đảm bảo chất lượng.

Tại công trường, các đoạn ống vách của cọc được nối bằng đường hàn. Việc hàn nối ống vách phải được thực hiện trên bệ gá. Nếu chiều dài ống vách cần hạ lớn hơn chiều cao của cẩu, thì có thể kết hợp giữa việc hạ ống vách và nối ống vách cho đến khi đủ chiều cao thiết kế, nhưng phải bố trí các giá đỡ để ống vách sau khi nối đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về độ thẳng đứng, kín và sức chịu tải khi đóng hạ ống vách.

Trong loại cọc nhồi khoan lỗ phản tuần hoàn thường dùng búa đóng cọc chấn động để đóng ống vách xuống hoặc dùng kích chạy điện ép. Để cho đỉnh ống vách không bị biến dạng hoặc ống bị oằn khi gặp chướng ngại vật thì bản thân ống phải có đủ cường độ và độ cứng. Ngoài ra bề mặt ống phải bảo đảm chất lượng.

Trong phương pháp thi công khoan bằng guồng xoắn, để tạo thuận lợi cho việc thi công đổ bê tông thường dùng loại ống vách có chiều dài 4-7m.

- Số lượng ống vách chuẩn bị tốt nhất có 2 bộ.

- Độ dầy ống vách 9 đến 16mm khi đường kính nhỏ hơn 1m và từ 16 đến 25mm khi lớn hơn 1m, đường kính ống vách lớn hơn đường kính ngoài của lỗ khoan từ 100 đến 150mm. Nếu thi công trong nước bùn xô, cát chảy thì độ sai lệch càng lớn thường đến 20% đường kính ngoài của đầu khoan.

- Độ dài ống vách đảm bảo giữ ổn định, mật độ nước trong và ngoài lỗ.

+ Mực nước ngầm thấp hơn mực nước trong lỗ 2m

+ Chú ý sự thay đổi mực nước ngầm.

+ Đóng ống chống đến tầng đất không thấm nước.

Công thức tính toán về độ dài ống chống và độ sâu đóng xuống là:

$$h + l = \frac{\gamma_1 + e_1}{1 + e_1}(l + l') + \frac{\gamma_2 + e_2}{1 + e_2}.l'$$

trong đó: $\gamma_1, \gamma_2$: tỷ trọng lớp cát và lớp bùn.

$e_1, e_2$: tỷ số độ rỗng của lớp đất tương ứng.

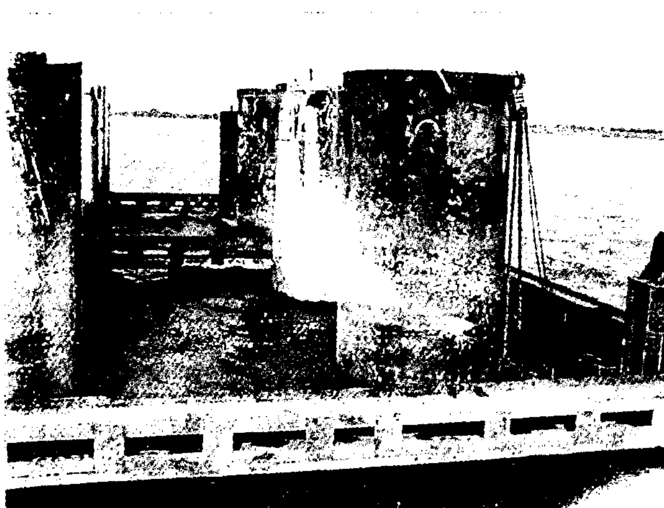
*3.1.2.2.2. Định vị và lắp đặt ống vách*

Công tác định vị, lắp đặt ống vách phải tuân thủ theo Quy phạm thi công và nghiệm thu cầu cống và cần lưu ý những điểm sau:

1. Khi lắp đặt ống vách ở trên cạn: công tác đo đạc định vị thực hiện bằng máy kinh vĩ và thước thép; dùng cần cẩu để lắp đặt.

2. Khi lắp đặt ống vách vùng nước sâu: ngoài việc sử dụng các loại máy móc thiết bị trên để đo đạc và định vị cần dùng thêm hệ thống khung dẫn hướng. Khung dẫn hướng dùng để định vị ống vách phải đảm bảo ổn định dưới tác dụng của lực thuỷ động.

Định vị cọc trên mặt bằng cần dựa vào các mốc tọa độ chuẩn được xác định và xây dựng trước. Vị trí, kích thước và cao độ chân ống vách phải được định vị và hạ đúng theo quy định của thiết kế.



***Hình 3-2:***
*Ống vách trụ cầu TĐ*

*3.1.2.2.3. Thiết bị hạ ống vách*

Tùy thuộc vào điều kiện địa chất công trình; kích thước ống vách; chiều sâu hạ để tính toán và chọn thiết bị hạ ống vách cho phù hợp. Thiết bị hạ ống vách thường có những dạng sau:

1- Sử dụng thiết bị xi lanh thuỷ lực kèm theo máy khoan để xoay lắc ống vách hạ hoặc nhổ ống vách lên.

2- Sử dụng búa rung đóng ống vách xuống kết hợp với việc lấy đất bên trong lòng ống vách bằng máy khoan, gầu ngoạm, hoặc hút bùn.

- Hạ ống vách bằng kích thuỷ lực ép xuống.



***Hình 3-3:***
*Ống vách trong vòng vây cọc ván thép*

*3.1.2.2.4. Cao độ đỉnh và chân ống vách*

Tuỳ theo điều kiện địa chất, thủy văn; phương pháp, loại thiết bị khoan v.v... mà quyết định đặt cao độ đỉnh và đáy ống vách cho phù hợp.

Trong trường hợp khoan cọc nhồi ở vùng bị ảnh hưởng của nước thủy triều, nếu dùng dung dịch vữa sét (bentonite) để giữ ổn định vách, thì đỉnh ống vách phải cao hơn mức nước cao nhất tối thiểu là 2m. Khi khoan trên cạn, ngoài những yêu cầu trên cần phải đặt ống vách cao hơn mặt đất hiện tại tối thiểu 0,3m.

Khi khoan nhồi bằng loại máy khoan không có ống vách đi kèm và phải dùng bentonite để giữ vách, thì tuỳ điều kiện địa chất cụ thể mà đặt chân ống vách phụ (ống vách không thuộc thiết bị máy khoan) tại cao độ sao cho áp lực của cột dung dịch bentonite luôn lớn hơn áp lực chủ động của đất cộng với hoạt tải thi công phía bên ngoài thành vách. Nên đặt chân ống vách vào tầng đất không thấm nước nằm ở phía dưới mực nước ngầm.

Chân ống vách phải đặt phía dưới đường xói lở cục bộ đã được tính toán tại vị trí khoan tối thiểu là 1m.

***3.1.2.3. Chuẩn bị khoan***

Trước khi thi công cọc khoan nhồi, cần phải chuẩn bị đủ hồ sơ tài liệu, thiết bị máy móc và mặt bằng thi công, đảm bảo các yêu cầu sau:

- Khoan thăm dò địa chất tại vị trí có lỗ khoan.

- Chế tạo lồng cốt thép.

- Thí nghiệm để chọn tỷ lệ thành phần hỗn hợp bê tông cọc.

- Lập các quy trình công nghệ khoan nhồi cụ thể để hướng dẫn, phổ biến cho cán bộ, công nhân tham gia thi công cọc khoan nhồi làm chủ công nghệ.

Khi sử dụng máy khoan không có ống vách đi kèm thì cần phải bổ sung các yêu cầu dưới đây:

- Sản suất các ống vách thép theo chiều dài mà thiết kế thi công yêu cầu.

- Làm các thí nghiệm để chọn tỷ lệ pha trộn thành phần vữa sét phù hợp với yêu cầu của lỗ khoan.

Dựa trên cơ sở phương pháp và thiết bị máy khoan, tùy theo từng vị trí cụ thể của cọc mà phải chuẩn bị mặt bằng để lắp đặt máy khoan. Khi khả năng chịu tải của đất nền không đảm bảo để đặt máy và thiết bị thi công có thể chọn giải pháp gia cố nền đất sau:

- Dùng xe ủi san và nén chặt đất.

- Đào bỏ lớp đất yếu thay đất tốt.

- Gia cố đất bằng vôi hoặc xi măng v.v...

- Lát mặt bằng tà vẹt, ván dầy bằng gỗ hoặc lát bằng thép tấm, thép hình.

Khi kê bằng thép tấm cần chống trượt và xoay chân chống máy khoan.

Đối với các máy khoan xoắn ốc hay máy khoan gầu xoay dùng để thi công trên cạn, máy cơ bản (bộ phận chính của máy) phải được đặt trên các tấm tôn dày 20mm. Các chân máy phải được kê cứng và cân bằng để khi khoan không bị nghiêng hoặc di động.

Đối với các máy khoan tuần hoàn thuận hoặc nghịch, đầu khoan được treo bằng giá khoan hoặc bằng cần cẩu, trước khi khoan phải định vị giá khoan cân bằng, đúng tim cọc thiết kế. Các sàn công tác phải đảm bảo ổn định dưới tải trọng thi công và tải trọng động.

Định vị máy khoan cọc như sau:

*a) Đối với máy khoan xoay lắc ống vách,* có thể chọn một trong ba phương pháp sau đây để xác định vị trí lắp đặt máy:

+ Vẽ chu vi ngoài chân của ống vách trên mặt đất.

+ Đóng ít nhất 3 cọc nhỏ để làm mốc trên chu vi đặt máy.

+ Làm một vành đai định vị bằng với chu vi ngoài của chân ống vách.

*b) Đối với máy khoan gầu xoay,* di chuyển máy khoan để đầu khoan vào trúng tim cọc đã xác định.

*c) Đối với phương pháp khoan tuần hoàn ngược,* có thể chọn một trong ba thiết bị như búa rung, búa xung kích hoặc kích thuỷ lực để hạ ống vách xuống.

Khi định vị, phải kiểm tra xem ống vách đã nằm đúng vào vị trí của cọc chưa, nếu bị sai lệch phải lắp "bàn thao tác" để điều chỉnh lại.

### *3.1.2.4. Đo đạc trong khi khoan*

Công tác đo đạc trong khi khoan nhằm đạt được các mục tiêu sau:

- Định vị chính xác vị trí khoan;
- Theo dõi chiều dày lớp địa chất của lỗ khoan;
- Xác định vị trí, cao độ đầu khoan.

Định vị tim đầu khoan hoặc tim ống vách bằng các thiết bị đo đạc công trình, theo các cọc mốc đã được xây dựng từ trước. Trong quá trình khoan phải theo dõi tim cọc bằng máy kinh vĩ, đo đạc độ sâu lỗ khoan, đồng thời phải luôn quan sát và ghi chép sự thay đổi các lớp địa chất qua mùn khoan lấy ra.

### *3.1.2.5. Khoan lỗ*

Phải lựa chọn thiết bị khoan đủ năng lực và phù hợp với điều kiện địa chất, thuỷ văn của công trình để đảm bảo cho việc tạo lỗ khoan đạt yêu cầu thiết kế.

Thiết bị tạo lỗ có các loại sau;

-Thiết bị trong phương pháp thi công có ống vách: gồm ống vách có chân sắc, gầu ngoạm được treo bằng hệ múp cáp.

-Thiết bị trong phương pháp khoan phản tuần hoàn: đầu khoan được nối với cần khoan cùng với dung dịch giữ thành kéo đất khỏi lỗ khoan.

- Máy tạo lỗ trong phương pháp tạo lỗ bằng guồng xoắn:

Khi lựa chọn thiết bị cần căn cứ vào tình hình địa chất cụ thể, kích thước cọc, phương pháp thi công để lựa chọn cho thích hợp.

- Nhóm máy khoan dùng ống vách chỉ nên sử dụng trong đất đá mềm, những nơi không có nước mặt mức nước ngầm thấp. Những nơi có mực nước ngầm cao hoặc cần dung dịch giữ thành chỉ nên dùng khi chiều sâu lỗ khoan không lớn, vì trong điều kiện đó các máy khoan mới phát huy tốt.

- Nhóm máy khoan vận hành ngược có thể sử dụng trên tầng đất đá, đặc biệt có hiệu quả khi đường kính lỗ khoan lớn từ 30 đến 100m.

- Nhóm máy khoan trong đất thích hợp cho loại đường kính lớn, đặc biệt gầu xoay, có độ sâu từ 20 đến 30m.

Khi lựa chọn máy khoan cần xét tính kinh tế của mỗi loại máy với đường kính và độ sâu cọc. Không nên sử dụng máy khoan ống vách, trừ trường hợp không có giải pháp hiệu quả khác, do kéo dài thời gian và tốn kém do công tác ống vách.

Trong trường hợp nền là đất bình thường thì việc tạo lỗ có đơn giản; nhưng trong trường hợp nền đất cứng, đá sỏi, đá mồ côi hay tầng nham thạch thì tạo lỗ khó khăn thậm chí không làm nổi. Tuỳ tình hình thực tế mà vận dụng các phương pháp tạo lỗ cho thích hợp.

*3.1.2.5.1. Phương pháp thi công có ống chống vách*

Công nghệ tạo lỗ sử dụng ống chống vách có ưu điểm là vách lỗ khoan ổn định, đặc biệt khi tạo lỗ qua địa tầng bùn sụt cát chảy mà các phương pháp khác khó có thể khắc phục. Nhưng cũng có không ít những nhược điểm sau:

- Phải chi phí mua ống vách, hạ ống vách, đặc biệt có khi phải để lại một phần hay toàn bộ ống vách.

Khi thi công trong địa tầng qua cuội sỏi gây khó khăn cho hạ ống vách và tạo lỗ.

- Ảnh hưởng chất lượng bê-tông và cọc khi rút ống vách.

Vì vậy công nghệ này áp dụng có hiệu quả trong địa tầng bùn sụt, cát chảy với chiều sâu không lớn.

*3.1.2.5.2. Công nghệ khoan vận hành ngược*

Có tốc độ thi công nhanh, nhưng tốc độ khoan và tốc độ bàn quay phải phù hợp với đường kính lỗ khoan và từng loại đất đá.

Công tác ổn định vách khoan cần được quan tâm, công nghệ này được ứng dụng rộng rãi khi có dung dịch giữ ổn định vách lỗ.

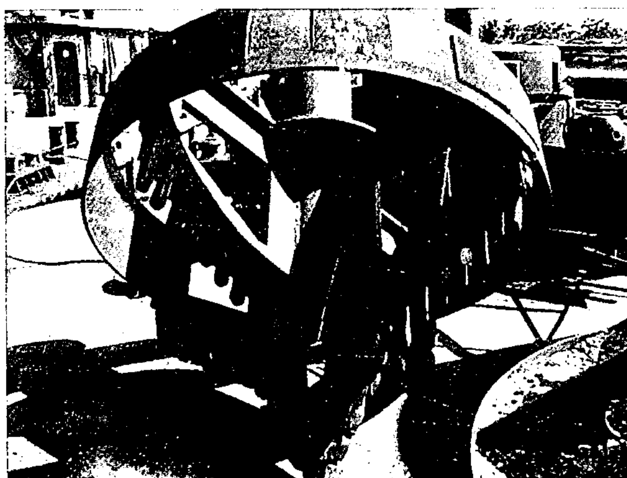
*3.1.2.5.3. Công nghệ khoan dùng guồng xoắn*

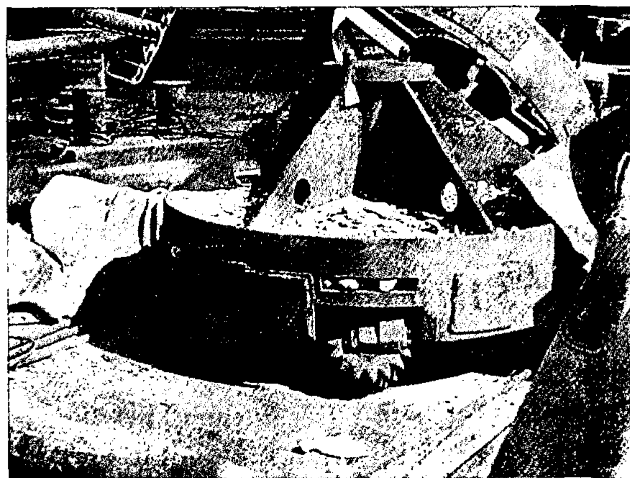
Guồng xoắn thích hợp với đất dính, mềm, khi đó có thể không cần ống vách, thậm chí không cần dung dịch giữ thành hơn nữa không gây tiếng ồn và chấn động lớn do đó thích

hợp cho thi công ở đô thị. Nhưng khi dùng phương pháp này cần chú ý không làm sạt lở vách khi nhấc guồng xoắn và xử lý khi gặp đá mồ côi, tốt nhất khi gặp đá mồ côi thì nên sử dụng công nghệ có ống chống vách.

Khi gặp đá tảng rất cứng ở sâu với lưỡi khoan guồng xoắn hoặc khoan thùng không xuyên qua được phải dùng lưỡi khoan đặc biệt có răng cứng để phá vỡ chúng bằng cách cho rơi tự do đầu khoan vào lỗ đã khoan hoặc có thể dùng thuốc nổ (nếu cho phép) hoặc lấy máy đục đá thả vào lỗ khoan để phá đá tảng, đá mồ côi hoặc tầng nham thạch cứng.

Trong quá trình khoan nếu xảy ra sự cố, hiện tượng bất thường (sụt lở thành vách, lỗ khoan không thẳng, có sự sai lệch về đường kính lỗ khoan thực tế so với yêu cầu của thiết kế v.v...), thì nhà thầu phải nghiên cứu, đề xuất giải pháp xử lý. Phương án xử lý sự cố của nhà thầu chỉ được thực hiện khi được chủ đầu tư, tư vấn giám sát, tư vấn thiết kế thống nhất chấp thuận.





***Hình 3-4:*** *Vài dạng đầu khoan đá*

Phải chờ đến khi bê tông cọc bên cạnh trong cùng một móng đạt tối thiểu 70% cường độ thiết kế mới được khoan tiếp. Việc quyết định chọn thời điểm khoan còn phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc trong móng. Theo Tiêu chuẩn thiết kê hiện hành thì cự ly tim các cọc ít nhất là bằng 3 lần đường kính cọc.

Đối với những lỗ khoan sử dụng dung dịch vữa sét để giữ thành vách, cần bù phụ dung dịch liên tục trong quá trình khoan, ngừng khoan hoặc đổ bê tông. Không được để cao độ dung dịch trong lỗ khoan hạ xuống dưới mức quy định gây sụt lở vách.

Khi ngừng khoan lâu phải rút đầu khoan ra khỏi hố khoan, tránh khoan bị chôn vùi khi sập vách, miệng hố khoan phải được đậy nắp.

Khi đưa mũi khoan lên để xả đất hoặc nối dài cần khoan phải rút từ từ, không được cho đầu khoan va chạm vào vách gây sụt lở.

Sai số cho phép trong công tác khoan tạo lỗ và sai số cho phép của lỗ cọc khoan nhồi đã thi công xong được nêu trong Tiêu chuẩn TCXD 206 : 1998.

**Bảng 3.1 Sai số cho phép về lỗ cọc nhồi (theo TCXD 206 : 1998)**

| Phương pháp tạo lỗ cọc | | Sai số đường kính cọc (mm) | Sai số độ thẳng đứng (%) | Sai số về vị trí cọc (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Cọc đơn, cọc dưới móng băng theo trục ngang, cọc biên trong nhóm cọc | Cọc dưới móng băng theo trục dọc, cọc trong nhóm cọc |
| 1. Cọc khoan giữ thành bằng dung dịch sét | D ≤ 1000mm | -0,1D và ≤ -50 | 1 | D/6 nhưng không lớn hơn 100 | D/4 nhưng không lớn hơn 150 |
| | D >1000mm | -50 | | 100 + 0,0111 | 150 + 0,0111 |
| 2. Làm lỗ bằng cách đóng ống hoặc rung | D ≤ 500mm | -20 | 1 | 70 | 150 |
| | D > 500mm | | | 100 | 150 |
| 3. Khoan guồng xuắn có mở rộng đáy cọc | | ± 20 | 1 | 50 | |
| 4. Cọc đào lỗ bằng thủ công :<br>- Giữ thành bằng vỏ bê tông đổ tại chỗ | | ± 50 | 0,5 | 100 | |
| - Giữ thành bằng ống thép dài | | ± 20 | 1 | | |

***Chú thích :***

*1) Giá trị âm ở sai số cho phép về đường kính cọc là chỉ số mặt cắt cá biệt, khi có mở rộng đáy cọc thì sai số cho phép ở đáy cọc là ± 100mm*

*2) Sai số cho phép về đường kính cọc khi dùng phương pháp đóng lại không chịu hạn chế của bảng này. Sai số về độ nghiêng của cọc nghiêng không lớn hơn 15% góc nghiêng của cọc*

*3) Sai số cho phép về độ sâu lỗ khoan ± 100mm*

*4) H là khoảng cách giữa cốt cao mặt đất ở hiện trường thi công với cốt cao đầu cọc quy định trong thiết kế, D là đường kính thiết kế cọc.*

***Cao độ dung dịch khoan***

Cao độ cột dung dịch khoan giữ ổn định thành vách phải cao hơn mực nước ngầm hoặc mực nước mặt trên 2m. Tại những nơi nước ngầm hoặc có áp lực ngang khác cần phải tính toán kỹ để quyết định cao độ này.

Trong quá trình khoan phải luôn theo dõi việc cấp vữa sét cho bơm hút (phương pháp tuần hoàn ngược). Nếu hết vữa sét dự trữ thì phải ngừng ngay khoan. Trong mọi trường hợp cấm để dung dịch khoan trong hố khoan bị hạ thấp hơn 1m so với cao độ quy định.

#### *3.1.2.6. Xử lý lắng cặn*

Công tác xử lý lắng cặn phải thực hiện trước khi đổ bê tông. Khi khoan cọc đến cao độ thiết kế, không được để đọng bùn đất hoặc vữa sét ở đáy lỗ khoan làm giảm khả năng chịu tải của cọc. Đối với mỗi cọc, sau khi khoan đều phải thực hiện việc xử lý cặn lắng kỹ lưỡng. Đây là một kỹ thuật khó và cần được thực hiện, kiểm tra chất lượng thật kỹ.

*3.1.2.6.1. Phương pháp xử lý cặn lắng là loại hạt thô*

Loại cặn lắng có đường kính hạt tương đối lớn, để xử lý, sau khi tạo lỗ đạt tới độ sâu thiết kế, không được nâng ngay thiết bị tạo lỗ lên mà phải tiếp tục thao tác thải đất ra ngoài cho đến khi kiểm tra thấy sạch cặn lắng ở đáy lỗ khoan.

*Đối với phương pháp khoan lỗ tuần hoàn ngược*, sau khi kết thúc công tác khoan phải nâng đầu khoan lên cách đáy khoảng 20cm, tiếp tục quay mũi khoan và bơm hút vữa sét. Đồng thời tiến hành kiểm tra dung dịch khoan trong lỗ khoan theo các chỉ tiêu đã quy định sẵn cho đến khi đạt được yêu cầu. Sau khi hoàn thành công việc phải rút đầu khoan lên với tốc độ từ 2 đến 4m/phút.

*Đối với phương pháp khoan xoay lắc ống vách*, sau khi kết thúc thao tác tạo lỗ phải chờ khoảng từ 15 đến 20 phút mới được thả nhẹ gầu ngoạm xuống đáy lỗ, ngoạm cặn lắng ở đáy lỗ lên. Khi cặn lắng ở đáy còn ít, dùng bơm hút cát thả xuống đáy lỗ, khuấy nhẹ cặn lắng lên để hút ra ngoài.

*Đối với phương pháp khoan lỗ bằng gầu xoay*, sau khi khoan xong để yên từ 15 đến 20 phút rồi dùng gầu khoan có lá chắn đặc biệt để lấy cặn lắng lên.

*3.1.2.6.2. Phương pháp xử lý cặn lắng là loại hạt rất nhỏ, nổi trong nước tuần hoàn hoặc nước trong lỗ*

Cần phải xử lý lắng cặn hạt nhỏ trước khi thả lồng cốt thép hoặc trước khi đổ bê tông. Có thể dùng phương pháp bơm không khí xuống (phương pháp hút bùn không khí) hoặc phương pháp bơm hút tuần hoàn ngược để hút bùn:

- *Nếu dùng phương pháp bơm khí xuống lỗ khoan để hút bùn*, phải để đầu hút bùn hoặc miệng phun nằm càng sâu vào trong nước càng hiệu quả.

- *Nếu dùng phương pháp tuần hoàn ngược* thì cần phải cho miệng ống hút bùn di động ở đáy lỗ khoan để đẩy cặn lắng lên. Trong quá trình hút phải luôn bổ sung dung dịch khoan vào trong ống, không được để nước trong ống bị hạ thấp gây sụt lở thành vách.

Đối với các loại cọc có độ sâu nhỏ hơn 10 m, thì không nên dùng phương pháp hút bùn không khí vì hiệu quả kém; nên dùng phương pháp bơm hút tuần hoàn ngược.

### 3.1.3. Dung dịch khoan

#### *3.1.3.1. Yêu cầu chung*

Tuỳ theo điều kiện địa chất, thuỷ văn, nước ngầm, thiết bị khoan mà chọn phương pháp giữ thành vách lỗ khoan và chọn dung dịch khoan cho thích hợp.

Dung dịch vữa sét (Bentonite) dùng để giữ thành vách gồm: nước, bột sét, CMC và tác nhân phân tán khác. Dung dịch vữa sét có thể sử dụng đối với nơi có lớp địa tầng dễ sụt lở và đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Có thể dùng ở mọi loại địa tầng.
- Dùng cho mọi loại thiết bị khoan và dạng mũi khoan.
- Giữ cho mùn khoan không lắng đọng dưới đáy hố khoan và đưa chúng theo dung dịch ra ngoài.

Dung dịch khoan có thể là nước thường tại nơi mà địa tầng là đất dính như: đất sét, á sét, đất thịt, hoặc gơ nai phong hoá, đá v.v...

Dung dịch khoan phải chọn dựa trên cơ sở tính toán theo nguyên lý cân bằng áp lực ngang, giữa cột dung dịch trong hố khoan và áp lực của đất và nước quanh vách lỗ. Đối với các lỗ khoan có lớp địa tầng dễ sụt lở, áp lực của cột dung dịch phải luôn lớn hơn áp lực ngang của đất và nước bên ngoài.

Trường hợp phía trên hố khoan chịu tải trọng của các thiết bị thi công nặng hoặc các công trình xây dựng lân cận, phải sử dụng ống vách để chống sụt lở. Độ sâu của ống vách trong trường hợp này phải căn cứ vào kết quả tính toán cụ thể, sao cho đoạn lỗ khoan không ống vách có áp lực của cột dung dịch lớn hơn áp lực đất nước xung quanh thành vách.

Nếu áp lực nước ngầm cao hơn mức bình thường (ví dụ trong trường hợp nước ngầm tràn lên cả mặt đất) thì cần phải tăng tỷ trọng dung dịch vữa sét lên cho phù hợp. Để đạt được mục đích trên được phép trộn thêm vào trong dung dịch các chất có tỷ trọng cao như barit hoặc cát magnetic v.v...

Dung dịch dùng trong khoan nhồi phải có chất lượng tốt và không bị hư hỏng theo thời gian. Thành phần và tính chất của dung dịch vữa sét sử dụng cho mỗi lỗ khoan cần phải bảo đảm sự ổn định trong thời gian thi công. Các thông số của dung dịch phải được chọn thích hợp với điều kiện của khu vực xây dựng và đảm bảo các yêu cầu quy định trong Quy trình. Tuỳ theo điều kiện địa chất tại vị trí khoan cọc mà chọn các chỉ tiêu về độ nhớt và khối lượng riêng của dung dịch cho thích hợp.

Sử dụng dung dịch sét nhằm mục đích là :

- Tạo ra lớp màng mỏng trên thành lỗ cọc để chịu áp lực nước tĩnh đề phòng bị sập lở thành lỗ cọc.
- Làm chậm tốc độ lắng xuống của các hạt cát, giữ trạng thái huyền phù nhằm hạn chế cặn lắng đáy lỗ cọc.

Chế tạo dung dịch này phải trên cơ sở thiết kế cấp phối tuỳ theo thiết bị, công nghệ thi công, phương pháp khoan lỗ và điều kiện địa chất công trình, địa chất thuỷ văn của địa điểm xây dựng.Các chỉ tiêu tính năng ban đầu (lúc chế tạo) trình bày ở dưới đây, nếu dùng

hoá phẩm khác (không phải là sét betonit) để làm dung dịch giữ thành thì cần thử nghiệm trước, trong đó cần kiểm soát chặt chẽ các chỉ tiêu: tỷ trọng, độ nhớt, tính qua lọc, tính ổn định (lý - hoá học) và trị số pH. Trên công trường phải có đủ điều kiện thiết bị và hoá phẩm cần thiết để quản lý chặt chẽ chất lượng của dung dịch sét, điều này là một nhân tố quan trọng trong thi công cọc khoan nhồi có chất lượng.

**Bảng 3.2: Chỉ tiêu tính năng ban đầu của dung dịch sét (theo TCXD 206 : 1998)**

| Hạng mục | Chỉ tiêu, tính năng | Phương pháp kiểm tra |
|---|---|---|
| 1. Khối lượng riêng | 1,05 - 1,15 | Tỷ trọng kế dịch sét hoặc bômêka |
| 2. Độ nhớt | 18 - 45 (s) | Phương pháp phễu 500/500cc |
| 3. Hàm lượng cát | < 6% | |
| 4. Tỷ lệ chất keo | > 95% | Phương pháp đong cốc |
| 5. Lượng mất nước | < 30ml/30phút | Dụng cụ đo lượng nước mất |
| 6. Độ dày của áo sét | 1-3mm/30phút | Dụng cụ đo lượng nước mất |
| 7. Lực cắt tĩnh | 1 phút : 20 - 30 mg/cm$^2$<br>10 phút : 50 - 100 mg/cm$^2$ | Lực kế cắt tĩnh |
| 8. Tính ổn định | < 0,03g/cm$^2$ | |
| 9. Trị số pH | 7 - 9 | Giấy thử pH |

Khi dùng dung dịch sét phải lưu ý một số vấn đề sau :

Khối lượng riêng và độ nhớt của dung dịch cần có sự điều chỉnh thích hợp với điều kiện địa chất công trình và phương pháp sử dụng dung dịch.

Bề mặt dung dịch trong lỗ cọc phải cao hơn mực nước ngầm từ 1,0m trở lên, khi có ảnh hưởng của mực nước ngầm lên xuống thì phải cao hơn mực nước ngầm cao nhất 1,5m.

Trước khi đổ bê tông, khối lượng riêng của dung dịch sét trong khoảng 500mm kể từ đáy phải nhỏ hơn 1,25. Hàm lượng cát ≤ 8%, độ nhớt ≤ 28s để dễ đưa lên mặt đất.

Cần có sự kiểm soát chất lượng dung dịch phù hợp cho từng độ sâu của lớp đất khác nhau và có biện pháp xử lý thích hợp để duy trì ổn định thành lỗ cho đến khi kết thúc việc đổ bê tông.

Ngoài ra tại công trường cũng cần hệ thống thu hồi dung dịch sét hút lên từ các cọc lỗ, lọc các cát sạn, bổ sung thêm một số phụ gia (nếu cần) kiểm tra các tính chất của dung dịch sét vừa thu hồi và làm giàu dung dịch này để dùng lại cho các lỗ cọc sau. Dung dịch sét sau khi sử dụng cũng như cặn lắng của nó phải xử lý theo các quy định về bảo vệ môi trường để tránh làm ô nhiễm nguồn nước mặt hoặc nước ngầm.

**Bảng 3-3: Chỉ tiêu kỹ thuật của dung dịch sét bentonite trong sử dụng thông thường**

| Phương pháp khoan | Địa tầng | Chỉ tiêu kỹ thuật của dung dịch | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Khối lượng riêng | Độ nhớt (s) | Hàm lượng cát (%) | Tỷ lệ chất keo (%) | Mất nước (ml/30min) | Độ pH |
| Tuần hoàn thuận, khoan dập | Đất sét | 1,05÷1,20 | 16÷22 | < 8÷4 | > 90÷95 | < 25 | 8÷10 |
| | Đất cát<br>Đất sạn<br>Cuội đá dăm | 1,2÷1,45 | 19÷28 | < 8÷4 | > 90÷95 | <15 | 8÷10 |
| Khoan đẩy, khoan ngoạm | Đất sét | 1,1÷1,2 | 18÷24 | < 4 | > 95 | < 30 | 8÷11 |
| | Đất cát sỏi sạn | 1,2÷1,4 | 22÷30 | < 4 | > 95 | < 20 | 8÷11 |
| Khoan tuần hoàn thuận nghịch | Đất sét | 1,02÷1,06 | 16÷20 | < 4 | > 95 | < 20 | 8÷11 |
| | Đất cát | 1,0÷1,10 | 19÷28 | < 4 | > 95 | < 20 | 8÷11 |
| | Đất sạn | 1,1÷1,15 | 20÷25 | < 4 | > 95 | < 20 | 8÷11 |

**Bảng 3-4: Trị số độ nhớt thích hợp của dung dịch**

| Chất đất | Độ nhớt thích hợp S(500/500cc) |
|---|---|
| Bùn tích lẫn cát | 20 ÷ 23 |
| Trị số cát N < 10 | > 45 |
| Trị số cát N > 20 | 23 ÷ 25 |
| Cát sỏi lẫn tạp sét | 23 ÷ 35 |
| Cát sỏi | > 45 |

***Ghi chú :*** *Các tình huống sau đây trị số sẽ hơi lớn hơn trong bảng trên*

*(1) Khi tồn tại tầng cát liên tục*

*(2) Khi nước ngầm có khá nhiều trong nền đất*

*(3) Khi đường kính cọc khá lớn (ước 1300mm trở lên)*

### *3.1.3.2. Kiểm tra, điều chế, điều chỉnh dung dịch*

Số lần thí nghiệm, vị trí lấy mẫu nên tham khảo phụ lục dung dịch khoan kèm theo của Tiêu chuẩn này để vận dụng cho công tác khoan cọc nhồi tại công trình cụ thể.

Dung dịch vữa sét sau khi điều chế phải đảm bảo được yêu cầu giữ ổn định thành vách đối với loại đất nơi khoan cọc. Trong quá trình sử dụng vữa sét, phải thí nghiệm và điều chỉnh các chỉ tiêu kỹ thuật của dung dịch cho phù hợp.

*3.1.3.3. Sử dụng lại dung dịch vữa sét*

Qua việc kiểm tra và điều chỉnh đúng quy định, dung dịch vữa sét có thể tái sử dụng nhiều lần trong thời gian thi công. Nếu công tác kiểm tra, điều chỉnh được thực hiện đầy đủ thì có thể sử dụng lại dung dịch vữa sét trong khoảng thời gian thi công công trình, nhưng không được quá 6 tháng.

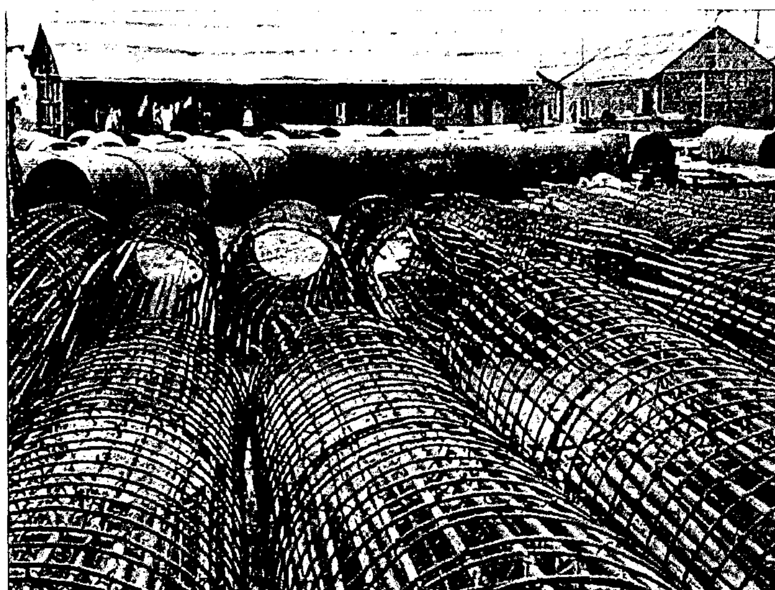
Nếu dung dịch bị nhiễm xi măng không thể điều chỉnh bằng chất phân tán được nữa thì phải loại bỏ.

### 3.1.4. Công tác cốt thép

*3.1.4.1. Gia công lồng cốt thép*

Lồng cốt thép phải gia công đảm bảo yêu cầu của thiết kế về: quy cách, chủng loại cốt thép, phẩm cấp que hàn, quy cách mối hàn, độ dài đường hàn v.v...

Cốt thép được chế tạo sẵn tại nhà máy hoặc ở công trường và được hạ xuống hố khoan. Lồng cốt thép phải được gia công đúng thiết kế. Các cốt dọc và ngang ghép thành lồng cốt thép bằng cách buộc hoặc hàn. Các thanh cốt thép đặc biệt như: vòng đai giữ cỡ lắp dựng, khung quay dựng lồng v.v... phải được hàn với cốt thép chủ. Cốt thép dùng cho cọc phải là thép chịu hàn.



*Hình 3-5: Chế tạo lồng cốt thép*

*3.1.4.2. Cốt thép chủ*

Đường kính cốt thép theo chỉ định của đồ án thiết kế nhưng không nhỏ hơn 12mm, có thể đạt tới 32mm và đặc biệt đến 40mm. Ít dùng đường kính lớn hơn 25mm, vì khó hàn (tổ hợp với các cốt đai) và khó thao tác.

Số lượng cốt thép theo chỉ định của đồ án thiết kế, nhưng không ít hơn 3 thanh. Khoảng cách tĩnh tối thiểu giữa cốt thép chủ là 10cm.

Chiều dài cốt thép chủ phụ thuộc vào đoạn chia. Lồng cốt thép phải chế tạo thành từng đoạn căn cứ vào chiều dài tổng thể của cọc. Thông thường các đoạn chia có thể là 12 và 14m, lớn nhất là 15m vì chiều cao của móc cẩu thường không vượt qua 15m. Lồng cốt thép của cọc có chiều dài lớn (lớn hơn 15m) phải được phân thành từng đốt, sau đó được tổ hợp tại công trường khi hạ lồng vào trong hố khoan. Cần lưu ý khi ghép lồng, đốt dài nhất phải đặt ở phía dưới để việc hạ lồng cốt thép xuống lỗ khoan được dễ dàng.

Mối nối các đoạn lồng cốt thép nên dùng bằng hàn hoặc bằng phương pháp dập ép ống nối theo tiêu chuẩn TCXD 234-1999. Chỉ sử dụng mối nối buộc cốt thép đối với các cọc có đường kính nhỏ hơn 1,2m và chiều dài toàn bộ lồng thép không quá 25m..

### *3.1.4.3. Cốt thép đai*

Đường kính vòng đai hay vòng lò so của lồng cốt thép theo chỉ định của đồ án thiết kế. Khi gia công cốt thép đai cần lưu ý những điểm sau:

- Đường kính danh định của vòng thép đai nhỏ hơn đường kính cọc 10cm (2 × 5cm lớp bê tông phòng hộ) đối với các cọc thi công không ống vách.

- Đường kính danh định của vòng cốt thép đai nhỏ hơn đường kính cọc 6cm đối với các cọc khoan có ống vách.

- Đường kính cốt thép đai từ 6 -16mm, khoảng cách giữa các vòng đai thực hiện theo đồ án thiết kế nhưng không được lớn hơn 55cm.

Để dễ dàng cho việc chế tạo lồng, cần phải sử dụng các cốt thép đặc biệt làm vòng đai lắp dựng hoặc vòng cỡ. Đường kính vòng đai phải tuân thủ theo đúng hồ sơ thiết kế. Vòng đai phải đảm bảo độ cứng để có thể giữ vững lồng thép và các ống thăm dò khuyết tật khi nâng chuyển. Vòng đai được nối kín bằng hàn chồng hoặc hàn đối đầu.

### *3.1.4.4. Thiết bị định tâm lồng thép*

Khi lắp đặt lồng thép trong lỗ khoan, để định vị chính xác tâm và tránh sự va chạm của lồng cốt thép vào thành vách, cần phải sử dụng các thiết bị định tâm lồng thép hoặc con đệm:

+ *Các con cữ (Tai định vị):* Con cữ được làm bằng thanh thép trơn, hàn vào cốt thép dọc và được gọi là thanh trượt. Kích thước của thanh trượt được chọn căn cứ vào kích thước lồng cốt thép và đường kính lỗ khoan thực tế. Thông thường gắn 4 thanh trượt trên một mức (cùng một cao độ). Đối với các cọc có đường kính lớn, cữ đầu tiên (mức gần mũ cọc nhất) được gắn 8 thanh trượt. Giữa các mức thường cách nhau khoảng 2m. Các con cữ phải cứng, không bị biến dạng khi gia công, lắp đặt.

+ *Các con đệm bằng bê tông:* Để đảm bảo tầng phòng hộ lồng cốt thép và định tâm lồng thép có thể dùng các con đệm, hình tròn bằng xi măng. Để tránh sự thâm nhập của nước gây ra gỉ cốt thép dọc, không được cố định con đệm trên cốt thép dọc. Nên hàn cố định con đệm vào giữa 2 thanh cốt thép dọc cạnh nhau bằng một thanh thép nhỏ.

#### 3.1.4.5. Cốt thép tăng cường độ cứng lồng thép

Trong trường hợp toàn bộ hệ thống cốt thép vành đai không đủ làm cứng lồng khi nâng chuyển, cần phải gia công tăng cường lồng các cốt thép đặc biệt. Các cốt thép này có thể được nằm lại hoặc được tháo dỡ dần khi hạ lồng vào trong hố khoan nếu gây cản trở việc hạ các ống đổ bê tông. Cốt thép tăng cường này gồm các loại sau:

- Các thanh giằng cứng để chống lại sự làm méo ô van lồng cốt thép.
- Các thanh cốt thép giữ cho lồng cốt thép không đổ nghiêng và bị xoắn.

#### 3.1.4.6. Giỏ chân lồng cốt thép

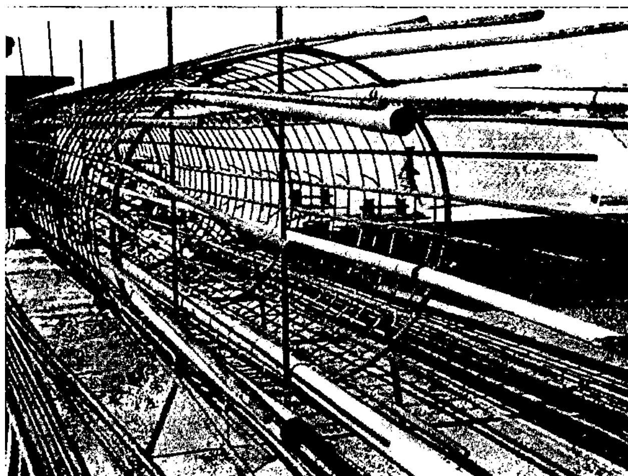
Phần cốt thép dọc đầu mũi cọc được uốn vào tâm cọc gọi là giỏ chân lồng cốt thép. Việc gia công giỏ chân lồng cốt thép phải tuân thủ đúng hồ sơ thiết kế.

#### 3.1.4.7. Móc treo

Móc treo phải bố trí sao cho khi cẩu lồng cốt thép không bị biến dạng lớn. Cần phải chọn cốt thép chuyên dùng làm móc cẩu và phải gia công móc treo theo đúng vị trí móc cẩu được tính toán trước.

#### 3.1.4.8. Ống thăm dò

Để kiểm tra không phá huỷ các cọc đã thi công xong, cần phải đặt trước các ống thăm dò bằng thép hoặc bằng nhựa có nắp đậy ở đáy, có kích thước phù hợp với phương pháp thăm dò trên suốt chiều dài cọc: dùng ống 50/60mm để thăm dò bằng siêu âm và ống 102/114mm để khoan lấy mẫu bê tông ở đáy hố khoan. Đối với các cọc khoan nhồi đường kính lớn hơn 1,5m hoặc có chiều dài lớn hơn 25m cần phải sử dụng ống thăm dò bằng thép.



*Hình 3-6: Đặt các ống thăm dò trong lồng cốt thép*

Các ống thăm dò được hàn trực tiếp lên vành đai hoặc dùng thanh thép hàn kẹp ống vào đai, cách lắp dựng ống có thể tham khảo hình 3-6.

Đối với các ống 102/114mm dùng để khoan mẫu phải đặt cao hơn chân lồng thép 1m và không trùng vào vị trí cốt thép chủ.

Phải đặc biệt lưu ý đến vị trí của ống thăm dò tại mối nối các đoạn lồng cốt thép đảm bảo cho ống chắc chắn, liên tục. Đối với cọc khoan sâu không quá 20m với đường kính cọc không quá 0,80m thì không cần đặt ống thăm dò.

### *3.1.4.9. Nâng chuyển và xếp dỡ lồng thép*

Đối với các cọc có đường kính lớn, không được nâng chuyển lồng cốt thép tại 1 hoặc 2 điểm, phải giữ lồng cốt thép tại nhiều điểm để hạn chế biến dạng.

Lồng cốt thép phải được tập kết trên nền bãi láng bằng bê tông hoặc ở những khu bãi sạch sẽ, khô ráo. Lồng cốt thép phải được xếp trên nhiều con kê bằng gỗ để tránh biến dạng và không được chồng lên nhau.

### *3.1.4.10. Dựng và đặt lồng cốt thép vào lỗ khoan*

Trước khi hạ lồng cốt thép vào vị trí, cần đo đạc kiểm tra lại cao độ tại 4 điểm xung quanh và 1 điểm giữa đáy lỗ khoan. Cao độ đáy không được sai lệch vượt quá quy định cho phép ($\Delta h \leq \pm$ 100mm).

Các thao tác dựng và đặt lồng cốt thép vào lỗ khoan phải được thực hiện khẩn trương để hạn chế tối đa lượng mùn khoan sinh ra trước khi đổ bê tông (không được quá 1 giờ kể từ khi thu dọn xong lỗ khoan).

Khi hạ lồng cốt thép đến cao độ thiết kế phải treo lồng phía trên để khi đổ bê tông lồng cốt thép không bị uốn dọc và đâm thủng nền đất đáy lỗ khoan. Lồng cốt thép phải được giữ cách đáy hố khoan 10cm.

Các bước cơ bản để lắp đặt và hạ các đoạn lồng cốt thép như sau:

+ Nạo vét đáy lỗ.

+ Hạ từ từ đoạn thứ nhất vào trong hố khoan cho đến cao độ đảm bảo cho thuận tiện cho việc nối đốt tiếp theo.

+ Giữ lồng cốt thép bằng giá đỡ chuyên dụng được chế tạo bằng cốt thép đường kính lớn hoặc thép hình.

+ Đưa đoạn tiếp theo và thực hiện công tác nối lồng cốt thép (hàn các thanh cốt dọc với nhau hoặc nối buộc tại chỗ hay bắt nối bằng cọc hoặc nối bằng dây ép ống nối).

+ Tháo giá đỡ và hạ tiếp lồng cốt thép xuống.

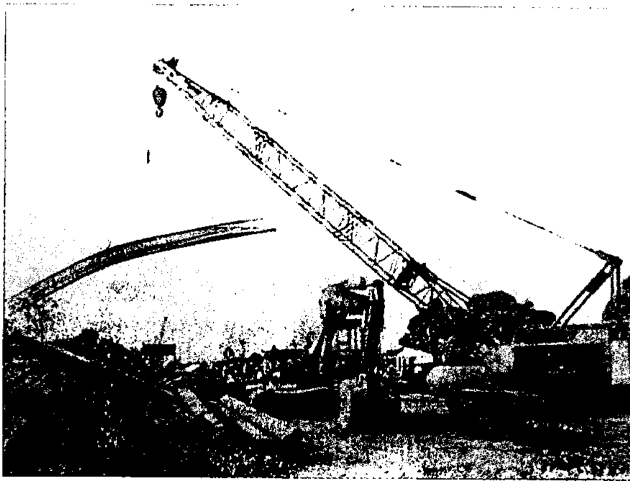
+ Lặp lại các thao tác trên đối với việc nối các đoạn tiếp theo cho đến đoạn cuối cùng.

+ Kiểm tra cao độ phía trên của lồng cốt thép.

+ Kiểm tra đáy lỗ khoan.

+ Neo lồng cốt thép để khi đổ bê tông lồng cốt thép không bị trôi lên.

Lồng cốt thép sau khi ghép nối phải thẳng, các ống thăm dò phải thẳng và thông suốt; độ lệch tâm của ống tại vị trí nối lồng cốt thép không được vượt quá 1cm.



*Hình 3-7: Cẩu lắp lồng cốt thép*

### 3.1.5. Công tác đổ bê tông cọc khoan

#### *3.1.5.1. Yêu cầu về vật liệu*

Thành phần hỗn hợp bê tông phải được thiết kế và điều chỉnh bằng thí nghiệm sao cho đảm bảo các yêu cầu của thiết kế.

Các loại vật liệu cấu thành hỗn hợp bê tông phải được kiểm tra về chất lượng trước khi sử dụng và tuân thủ theo các tiêu chuẩn của Việt Nam hiện hành:

+ *Xi Măng:* Dùng xi măng portland PC40 trở lên đảm bảo tiêu chuẩn TCVN 2682-1999.

+ *Cốt liệu thô:* Dùng đá có thành phần hạt cấp phối liên tục $D_{min} = 5 \div 25$mm, tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN 4453-1995.

+ *Cát:* Dùng cát vàng có mô đun ≥ 2,5, tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN 4453-1995.

+ *Nước:* Sạch, không có tạp chất, tuân thủ theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 4506-1987.

+ *Phụ gia:* Có thể dùng phụ gia cho bê tông để tăng tính công tác của bê tông và kéo dài thời gian ninh kết của bê tông cho phù hợp với khả năng cung cấp bê tông. Khi sử dụng phụ gia phải tuân thủ các quy định của Nhà nước và thực hiện đúng chỉ dẫn của nhà sản xuất. Hiện nay thường dùng phụ gia siêu dẻo chậm ninh kết như Sikament R4 với hàm lượng khoảng 07% trọng lương xi măng.

+ *Tỷ lệ nước/xi măng: N/XM ≤0,45.*

Cấp phối bê tông cọc nhồi nên được thiết kế với hàm lượng cát hơn 700kg/m$^3$ BT và độ sụt của hỗn hợp BT tại lúc đổ bê tông vào cọc nên giữ vào khoảng 15 - 16cm là tốt nhất.

#### *3.1.5.2. Yêu cầu kỹ thuật về bê tông dưới nước*

Phải bảo đảm các yêu cầu của vữa bê tông khi đổ bê tông dưới nước đúng quy trình quy phạm hiện hành. Cường độ bê tông đổ dưới nước phải đạt yêu cầu của thiết kế. Trước khi đổ bê tông dưới nước phải tiến hành thí nghiệm để lựa chọn thành phần cấp phối bê tông đảm bảo yêu cầu về cường độ của thiết kế.

Các chỉ tiêu về độ sụt, độ tách vữa và tách nước v.v... sẽ được quy định cụ thể trên cơ sở kết quả thí nghiệm thành phần hỗn hợp bê tông và phương pháp bơm bê tông. Hỗn hợp bê tông trước khi đổ vào cọc phải được kiểm tra nghiệm thu đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật quy định.

***3.1.5.3. Trạm bê tông***

Phải căn cứ vào khối lượng cần đổ để tính ra công suất máy trộn. Máy trộn bê tông phải đủ công suất đảm bảo cung cấp bê tông liên tục trong quá trình thi công. Nên bố trí máy trộn gần vị trí thi công cọc để giảm thời gian chờ đợi do vận chuyển.

Hệ thống trạm trộn phải được kiểm tra và điều chỉnh chính xác thường xuyên để việc cân đong cốt liệu đảm bảo đúng và đủ.

Thời gian trộn đảm bảo theo tính năng máy trộn. Phải có cán bộ thí nghiệm đặc trách việc theo dõi công tác trộn bê tông và thí nghiệm độ sụt của từng mẻ trộn và ghi sổ theo dõi đầy đủ.

***3.1.5.4. Vận chuyển bê tông***

Các phương tiện vận chuyển bê tông phải bảo đảm kín, không làm chảy mất vữa xi măng. Nếu trạm trộn ở xa công trường thì phải vận chuyển bê tông bằng xe trộn tự hành. Xe trộn cấp bê tông tươi trực tiếp vào ống dẫn, hoặc cho máy bơm bê tông. Máy bơm cung cấp bê tông phải đảm bảo tốt, đủ công suất để thi công cọc liên tục.

Thời gian từ khi trộn bê tông xong đến khi đổ vào cọc không được quá 30 phút.

***3.1.5.5. Ống dẫn bê tông***

*Ống dẫn phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật sau:*

+ Ống phải kín đủ chịu áp lực trong quá trình bơm bê tông, ống phải nhẵn cả bên trong và bên ngoài, các mối nối ống không được lồi ra và móc vào lồng thép trong khi đổ bê tông.

+ Mỗi đốt của ống nối dài khoảng 3m, mối nối phải được cấu tạo để dễ tháo lắp (có ren vuông, hoặc mối nối hình thang).

+ Chiều dày thành ống tối thiểu là 8mm.

+ Đường kính trong của ống tối thiểu phải gấp 4 lần đường kính cốt liệu to nhất của hỗn hợp bê tông.

+ Đường kính ngoài của ống không được vượt quá 1/2 đường kính danh định của cọc.

+ Đoạn ống đặc biệt nối từ máy bơm tới ống dẫn bê tông phải có cấu tạo cong để có thể thoát được bọt khí lẫn trong hỗn hợp bê tông ra ngoài.

+ Chiều dài ống căn cứ vào cao độ đáy lỗ khoan và cao độ sàn kẹp cổ ống để tính toán quyết định. Thông thường đoạn mũi ống dẫn được bố trí bằng 1m ống đặc biệt.

*Lắp đặt ống dẫn vào lỗ khoan gồm các bước sau:*

+ Đánh dấu chiều cao ống.

+ Lắp đặt hệ dầm kê kẹp cổ trên sàn cứng hoặc mặt ống vách. Dùng cẩu lắp từng đoạn ống dẫn vào lỗ khoan theo tổ hợp đã được tính toán.

+ Toàn bộ hệ thống ống dẫn được treo bằng kẹp cổ trên sàn kẹp phải đảm bảo ống thẳng đứng.



***Hình 3-8:*** *Ống thẳng đứng (tremi) để đổ bê tông*

+ Ống dẫn có thể được rút lên hạ xuống bằng cần cẩu.

+ Sau khi tổ hợp xong, dùng cẩu hạ mũi ống cách đáy lỗ khoan 2m; định vị ống dẫn đúng tâm lỗ để khi thao tác ống không chạm vào lồng thép.

### *3.1.5.6. Phễu đổ*



***Hình 3-9:*** *Phễu đổ bê tông cọc*

Phễu đổ được gắn vào phía trên của ống dẫn bằng ren để việc tháo lắp được dễ dàng, góc giữa hai thành phễu khoảng từ 60 ÷ 80° để bê tông dễ xuống.

***3.1.5.7. Quả cầu đổ bê tông***

Quả cầu đổ bê tông dùng để ngăn cách bê tông trong ống dẫn với nước hoặc dung dịch khoan. Quả cầu đổ bê tông có thể làm bằng:

+ Gỗ tiện tròn hình cầu hoặc bán cầu, bọc bằng vải bạt;

+ Nhựa hình chậu hoặc các miếng xốp nhỏ v.v..

Trước khi đổ bê tông, phải đặt quả cầu tại vị trí phía dưới cổ phễu khoảng 20 - 40cm để khi bê tông chảy trong ống quả cầu đi trước đẩy dung dịch khoan ra khỏi đáy ống dẫn.

***3.1.5.8. Chuẩn bị lỗ khoan và dọn đáy trước khi đổ bê tông***

Sau khi hạ lồng cốt thép vào vị trí, cần đo đạc kiểm tra lại cao độ đáy lỗ khoan và toàn bộ lồng thép trong lỗ khoan, chỉnh sửa đảm bảo đúng yêu cầu thiết kế trước khi tiến hành đổ bê tông.

Khi khoan đến cao độ thiết kế, tuỳ theo phương pháp khoan mà chọn cách xử lý cặn lắng để làm sạch mùn trong lỗ khoan.

Trước khi đổ bê tông dùng ống dẫn đã lắp trong lỗ khoan để làm sạch lại đáy lỗ khoan. Phải thí nghiệm dung trọng và hàm lượng cát v.v... trong dung dịch vữa sét, đến khi đạt yêu cầu quy định mới dừng công tác dọn đáy. Thời gian từ khi dừng công tác dọn đáy đến lúc bắt đầu đổ bê tông không vượt quá 1 giờ.

***3.1.5.9. Công tác đổ bê tông cọc***

Trong trường hợp thể tích bê tông cọc khi đổ sai lệch so với tính toán thiết kế hơn 30% thì phải kiểm tra và có biện pháp xử lý thích hợp về sự sai lệch đường kính cọc.

Có thể đổ bê tông cọc theo các phương pháp cơ bản sau:

+ Phương pháp di chuyển thẳng đứng ống dẫn;

+ Phương pháp bơm bê tông qua ống dẫn vào cọc;

+ Phương pháp dùng gầu đóng mở có điều khiển (chỉ được dùng với các giếng khoan có đường kính lớn).

***3.1.5.10. Phương pháp di chuyển thẳng đứng ống dẫn***

Khi sử dụng phương pháp di chuyển thẳng đứng ống dẫn cần tuân thủ các quy định sau:

1) Trước khi đổ bê tông cọc khoan, hệ thống ống dẫn được hạ xuống cách đáy hố khoan 20cm. Lắp phễu đổ vào đầu trên ống dẫn.

2) Treo quả cầu đổ bê tông bằng dây thép 2 hoặc 3mm hoặc dây thừng. Quả cầu được đặt thăng bằng trong ống dẫn tại vị trí dưới cổ phễu khoảng từ 20÷40cm và phải tiếp xúc kín khít với thành ống dẫn.

3) Dùng máy bơm rót dần bê tông vào cạnh phễu, không được rót trực tiếp bê tông lên cầu làm lật cầu. Không được đổ vào cọc phần bê tông bôi trơn máy bơm.

4) Khi bê tông đầy phễu, thả sợi dây thép giữ quả cầu để bê tông ép cầu xuống và tiếp tục cấp bê tông vào phễu.

5) Phải đổ bê tông với tốc độ chậm để không làm chuyển dịch lồng thép và tránh làm bê tông bị phân tầng.

6) Trong quá trình đổ bê tông phải giữ mũi ống dẫn luôn ngập vào trong bê tông tối thiểu là 2m và không vượt quá 5m. Không được cho ống chuyển động ngang. Khi dịch chuyển ống thẳng đứng phải tính toán xác định chính xác mũi của ống dẫn đảm bảo không được đưa mũi ống dẫn bê tông sai với quy định của điều này. Tốc độ rút hạ ống khống chế khoảng 1,5m/phút

7) Bê tông tươi trước khi xả vào máy bơm phải được thí nghiệm kiểm tra chất lượng bằng mắt và bằng cách đo độ sụt.

8) Nếu độ sụt không đảm bảo (thấp so với thiết kế) thì phải điều chỉnh nhưng không được cho thêm nước vào vữa.

9) Trong quá trình đổ bê tông, nếu tắc ống, cấm không được lắc ống ngang, cấm dùng đòn kim loại đập vào vách ống làm méo ống, phải sử dụng vồ gỗ để gõ hoặc dùng biện pháp kéo lên hạ xuống nhanh để bê tông trong ống tụt ra. Khi xử lý tắc ống theo phương pháp này, phải xác định chính xác cao độ mặt bê tông và cao độ mũi ống dẫn để tránh rút ống sai với quy định.

10) Trong khi đổ bê tông, phải đo đạc và ghi chép quan hệ giữa lượng bê tông và cao độ mặt bê tông trong lỗ để kiểm tra tương đối đường kính trung bình và tình trạng thành vách của lỗ khoan.

11) Khi đổ bê tông cọc ở giai đoạn cuối thường gặp vữa hạt nhỏ nổi lên, vì vậy phải tiếp tục đổ bê tông để toàn bộ vữa đồng nhất dâng đến cao độ đỉnh cọc theo thiết kế. Để xác định mật độ đá dăm trên lớp mặt bê tông phải lấy mẫu trực tiếp để thí nghiệm kiểm tra đối chứng theo tiêu chuẩn TCVN 3110:1979. Người thực hiện công tác đo phải là chuyên trách và có kinh nghiệm.

### *3.1.5.11. Phương pháp bơm bê tông qua ống dẫn vào cọc*

Phương pháp bơm bê tông được thực hiện theo quy định sau:

1) Bê tông được bơm qua ống dẫn xuống lỗ khoan.

2) Phần mũi ống dẫn phải có lỗ trống để thoát không khí, nước hoặc bùn. Ống dẫn bê tông phải được bịt kín ở đầu trên bằng nắp vặn, phần đầu ống dẫn này phải có cấu tạo để trong trường hợp máy bơm hỏng hoặc gặp sự cố khác có thể đặt được phễu đổ bê tông theo phương pháp khác.

Công việc mồi khi bơm được thực hiện theo các bước sau đây:

+ Mở nắp bịt của ống đổ bê tông và đưa vào một nút mồi.

+ Trong thời gian bơm đầu tiên phải để hở nắp cho không khí thoát ra ngoài. Chỉ đóng nắp lại khi hỗn hợp bê tông đầy và bắt đầu trào ra ngoài ống.

Việc cấp bê tông phải đều đặn và liên tục từ khi bắt đầu đổ cho đến khi hoàn thành khối lượng bê tông của toàn cọc. Không được di chuyển ống dẫn mạnh, không được làm tụt mất nút mồi.

*3.1.5.12. Đổ bê tông bằng thùng có nắp van*

Phương pháp này chỉ áp dụng cho việc đổ bê tông các giếng khoan có đường kính lớn, chiều dài cọc nhỏ (đường kính trên 3m, chiều dài cọc nhỏ hơn 20m) và điều kiện đổ bê tông phải thuận lợi.

Chỉ được thực hiện đổ bê tông bằng thùng khi phương án thi công đảm bảo không làm ảnh hưởng đến chất lượng của cọc theo quy định của đồ án thiết kế và được cơ quan có thẩm quyền chấp thuận.

Trường hợp gặp lỗ khoan khô trong lớp cát, lỗ khoan có ống vách (ống thép hoặc BTCT) cũng như lỗ khoan không có ống vách do xuyên qua địa tầng á sét và sét tại vị trí cao hơn mức nước ngầm nhưng không xuất hiện lớp cát hoặc á cát ở đáy lỗ, cho phép đổ bê-tông lòng cọc không dùng ống dẫn mà rót đổ tự do ở độ cao rơi không quá 6m.

Trường hợp gặp lỗ khoan đầy nước, thi công đổ bê-tông trong lòng cọc theo phương pháp rút ống theo chiều thẳng đứng, được quy định trong "Quy trình thi công bê tông dưới nước bằng phương pháp vữa dang".

### 3.1.6. Đảm bảo an toàn khi thi công cọc khoan nhồi

Phải tiến hành tổ chức hướng dẫn công nghệ cũng như hướng dẫn bảo đảm an toàn lao động cho mọi người làm việc trong công trường thi công cọc khoan nhồi. Người công nhân phải có đầy đủ các dụng cụ bảo hộ lao động cần thiết như: mũ, giầy, găng tay, mặt nạ phòng hộ v.v... để làm việc, nếu thiếu thiết bị bảo hộ lao động không được vào công trường. Phải bố trí người có trách nhiệm làm công tác an toàn. Tất cả mọi người phải tuân theo lệnh của người chỉ huy chung.

Trước khi thi công cọc phải nắm đầy đủ thông tin về khí tượng thuỷ văn tại khu vực thi công, không được đổ bê tông khi trời mưa và khi có gió trên cấp 5.

Các sàn công tác dành cho người làm việc, đường đi lại trên hệ nổi phải lát ván, bố trí lan can và lưới an toàn tại những chỗ cần thiết, ban đêm phải bố trí ánh sáng đầy đủ. Các vị trí nguy hiểm phải có biển báo hiệu và có người canh gác. Phải dùng nắp đậy lỗ khi ngừng khoan. Khi thi công trên sông phải có trang bị phao cứu sinh, xuồng cứu sinh, phải có đầy đủ đèn hiệu, biển báo tín hiệu hướng dẫn giao thông đường thuỷ.

Trong quá trình thi công, mọi người phải làm việc đúng vị trí của mình, tập trung tư tưởng để điều khiển máy móc thiết bị. Những người không có phận sự cấm không được đi lại trong công trường.

Tất cả các máy móc vận hành phải tuyệt đối tuân theo quy trình thao tác và an toàn hiện hành. Hệ thống điện ở hiện trường phải bố trí hợp lý, nghiêm chỉnh chấp hành các quy định an toàn sử dụng điện. Phải có công nhân chuyên môn phụ trách hệ thống điện.

Khi gặp sự cố như chất lượng bê tông không đảm bảo, khi tắc ống phải báo cáo ngay chỉ huy khu vực để xử lý và chỉ xử lý theo lệnh của người chỉ huy chung.

Phải tuân thủ mọi quy trình an toàn lao động hiện hành có liên quan.

## 3.2. VÍ DỤ CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN Ở CẦU H.P

### 3.2.1. Giới thiệu chung

Cầu H.P nằm trên địa bàn TP Hồ Chí Minh.

#### *3.2.1.1. Đặc trưng về thuỷ văn*

Đặc điểm lớn nhất của các sông ở TP Hồ Chí Minh là chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều với biên độ lớn khoảng 4m. Các sông rạch ít chịu ảnh hưởng của lũ. Theo kết quả điều tra thu thập và tính toán, các số liệu thuỷ văn tại cầu H.P như sau:

$Q_1\% = 912m^3/s$ $\quad$ VH = 0,8m/s

$H_1\% = 1,54m$ $\quad$ $H_5\% = 1,49m$ (hệ cao độ quốc gia năm 1972)

#### *3.2.1.2. Đặc điểm về khí hậu*

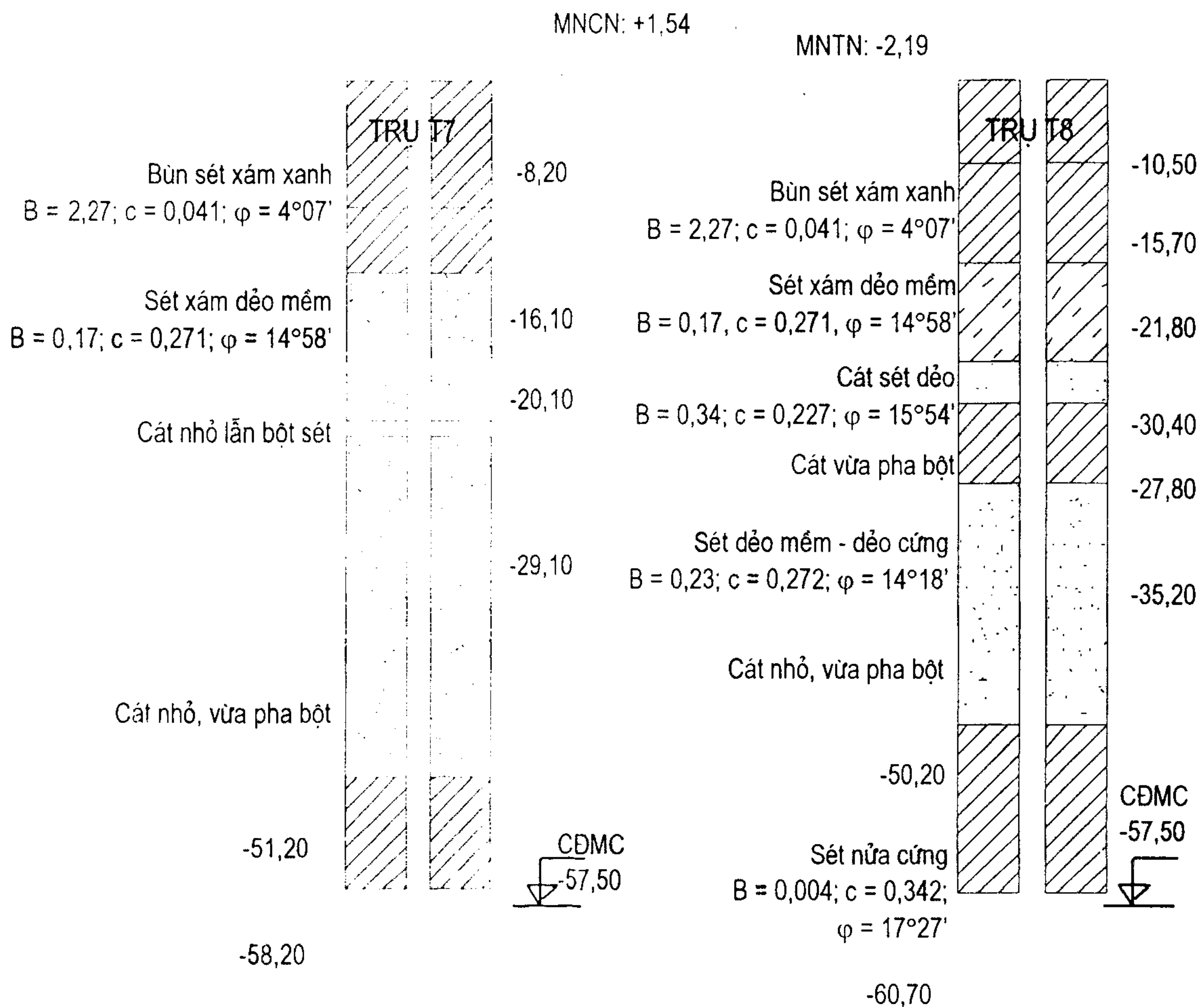
Khu vực xây cầu nằm hoàn toàn vào khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, trong năm có 2 mùa rõ rệt:

- Mùa mưa dài từ tháng 5 đến tháng 11.
- Mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4.

#### *3.2.1.3. Địa hình*

Khu vực cầu là vùng đất tương đối bằng phẳng, thấp trũng, có sông lớn và kênh rạch chằng chịt. Đa số đất bị ngập phèn mặn, nước ngọt dùng cho sinh hoạt hàng ngày và trong xây dựng phải vận chuyển từ thành phố xuống, vận chuyển chủ yếu bằng đường sông. Cây cối chủ yếu là dừa nước và đước, cây sống trong vùng ngập mặn.

*3.2.1.4. Mặt cắt địa chất tại vị trí xây dựng trụ T7 và T8 như sau*




***Hình 3-10:** Ví dụ cấu tạo địa chất cầu HP*
*Sét dẻo cứng B = 0,004, c = 0,342, φ = 17°27'*

## 3.2.2. Giới thiệu năng lực máy khoan SOILMEC RT3 - ST

- Phương pháp khoan: Dùng gầu khoan (Bucket)
- Đường kính khoan : 600-2500mm
- Chiều sâu khoan lớn nhất: 80m
- Mô men xoắn: 2100 kG.m
- Lực nâng lớn nhất: 16T
- Tốc độ vòng quay gầu: 0-160 v/p.
- Trọng lượng công tác: 40T

### 3.2.3. Trình tự các bước công nghệ

*Bước 1:*

- Lắp dựng các thiết bị trên hệ nổi.

- Định vị và neo cố định các thiết bị nổi.

- Đóng cọc định vị và làm khung định vị bằng thép hình cho công tác hạ ống vách tạm, cao độ mũi cọc định vị - 20,0m.

*Bước 2:*

- Lắp dựng và định vị ống vách.

- Dùng búa rung VP 401 hạ ống vách tạm có đường kính $D_t$ = 160cm, $\delta$ = 10mm đến cao độ mũi -17,0m; cao độ đỉnh + 4m.

*Bước 3:*

- Chuẩn bị vữa betonite

- Bơm vữa bentonite vào lỗ khoan cao hơn mực nước 1m.

- Dùng máy khoan SOILMEC RT3 - ST đứng trên hệ nổi 600T hoặc sàn đạo để khoan lấy đất trong lòng cọc.

- Duy trì thành vách lỗ khoan bằng dung dịch vữa bentonite trong suốt thời gian khoan tạo lỗ và đổ bê tông, cao độ vữa phải cao hơn cao độ mực nước sông.

- Vệ sinh lỗ khoan bằng cách bổ sung vữa bentonite mới theo phương pháp tuần hoàn nghịch.

- Vữa bentonite được làm sạch cát bằng thiết bị tách cát Desander.

- Kiểm tra độ lắng đọng cát và mùn trong lỗ khoan.

- Nghiệm thu lỗ khoan

*Bước 4:*

- Lồng cốt thép được gia công thành các đoạn trên bờ sau đó được đưa ra vị trí thi công.

- Lắp đặt lồng cốt thép vào trong lỗ khoan bằng cẩu nổi 25T.

- Cố định lồng cốt thép vào thành ống vách.

- Lắp đặt ống tremie.

- Chuẩn bị các điều kiện để phục vụ công tác đổ bê tông.

*Bước 5:*

- Bê tông được cung cấp từ 2 nguồn:

+ Mua bê tông thương phẩm

+ Cấp từ trạm trộn đặt trên bờ.

- Cấp bê tông từ bờ ra vị trí thi công bằng máy bơm bê tông.

- Đổ bê tông cọc bằng ống dẫn thẳng đứng (ống tremie).

*Bước 6:*

- Kiểm tra mùn đáy cọc bằng khoan.

- Kiểm tra chất lượng bê tông cọc.

*Bước 7:*

- Nghiệm thu cọc khoan.

### 3.2.4. Công tác chuẩn bị

#### *3.2.4.1. Vật liệu cho bê tông*

Nội dung phần này giống như đã nêu ở mục 3.1

*Thiết kế tỷ lệ bê tông*

Thiết kế tỷ lệ của bê tông nhằm đạt được các yêu cầu sau:

+ Mác thiết kế của bê tông trong điều kiện phòng thí nghiệm phải tăng từ 30 - 40% so với mác thiết kế bê tông cọc đổ dưới nước.

+ Độ sụt của bê tông ngay sau khi trộn phải nhỏ hơn 20cm.

+ Độ sụt của bê tông khi bắt đầu rót vào trong lòng cọc phải lớn hơn 14cm.

+ Bê tông phải có đủ độ nhớt và độ dẻo đảm bảo cho không bị phân tầng trong suốt quá trình vận chuyển và đổ bê tông.

+ Tỷ lệ nước / xi măng trong hỗn hợp bê tông phải nhỏ hơn 0,5.

+ Vữa bê tông phải đảm bảo có thời gian sơ ninh lớn hơn 6 giờ và cộng thêm thời gian vận chuyển từ trạm trộn đến nơi đổ bê tông.

+ Trong mọi trường hợp độ sụt của bê tông trước khi đổ vào lòng cọc phải > 14cm.

#### *3.2.4.2. Thiết bị đổ bê tông*

*Ống đổ bê tông:*

+ Bê tông phải được đổ bằng ống dẫn thẳng đứng (ống tremie).

+ Ống đổ bê tông phải được làm bằng thép có đường kính trong $D_t$ = 23 - 25cm và phải đảm bảo kín nước hoàn toàn từ trên xuống dưới trong suốt quá trình đổ bê tông.

+ Ống đổ bê tông được tổ hợp các đoạn ống có cùng đường kính, không bị móp méo và chiều dài từ 0,5 - 6m đảm bảo tính linh hoạt trong quá trình thi công.

+ Mối nối của ống đổ bê tông phải có cấu tạo đặc biệt đảm bảo dễ tháo lắp và hoàn toàn kín nước.

+ Ống đổ bê tông phải có chiều dài đảm bảo có thể đặt suốt chiều dài của cọc.

*Phễu rót bê tông:*

+ Phễu được thiết kế chuyên dùng cho công tác đổ bê tông nước, đảm bảo cho việc tiếp nhận bê tông là liên tục và vữa bê tông không bị tràn ra ngoài và rơi vào hố khoan.

+ Phễu phải có độ dốc hợp lý (2/1) đảm bảo cho vữa bê tông không bị dính lại trên phễu.

*Quả Cầu ngăn nước:*

+ Quả Cầu ngăn nước được làm bằng cao su xốp không thấm nước và có tỉ trọng nhỏ hơn 1 để có thể tự nổi lên trên mặt nước và không nằm lại trong bê tông.

+ Quả Cầu ngăn nước phải đảm bảo kín khít không cho nước tràn vào hoà tan vữa bê tông trong ống dẫn nhưng không bị kẹt lại trong ống khi đổ bê tông.

+ Trước khi đổ bê tông vào trong phễu thì quả cầu ngăn nước phải được đặt vào miệng trên của ống (đáy phễu).

+ Kích thước của cầu phải đảm bảo sao cho cầu không tự bị rơi vào trong ống dưới tải trọng bản thân.

***3.2.4.3. Thiết bị phục vụ khoan***

*Hệ nổi chở thiết bị khoan*

- Hệ nổi chở máy khoan phải đủ khả năng ổn định trong suốt quá trình khoan cọc.

- Hệ nổi chở thiết bị khoan phải được neo cố định vào hệ thống cọc neo hoặc hố thế đảm bảo không bị xê dịch hoặc bị lắc ngang trong khi khoan.

*Chuẩn bị máy khoan*

- Trước khi khoan máy khoan phải được bảo dưỡng và vận hành thử đảm bảo không bị trục trặc trong quá trình khoan

- Cần khoan phải được điều chỉnh cho thẳng đứng, độ nghiêng của cần khoan không được vượt quá 1%.

- Độ văng ngang của cần khoan cũng như của gầu khoan trong khi khoan không được vượt quá 2,5cm.

*Công tác ống vách*

- Ống vách được chế tạo trong xưởng hoặc nhà máy theo đúng bản vẽ thiết kế.

- Ống vách trước khi đưa vào rung hạ không bị móp méo, sai số đường kính ở tất cả các mặt cắt không vượt quá 1cm.

- Việc hạ ống vách phải có khung định vị có đủ độ cứng đảm bảo khi ống vách hạ đến cao độ yêu cầu các sai số phải nằm trong giới hạn sau:

+ Độ nghiêng < 0,1%

+ Sai số toạ độ trên mặt bằng < 5cm.

***3.2.4.4. Vữa khoan (Bentonite)***

- Betonite phải được tính toán đủ số lượng và phải được tập kết tại công trường đủ số lượng mới bắt đầu công tác khoan.

- Bentonite phải được giữ ở trong kho khô ráo không ẩm thấp.

- Vữa bentonite phải được trộn bằng thiết bị trộn chuyên dùng và chứa trong bể chứa có máy khuấy.

- Vữa bentonite khi dùng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

Bảng 3.5

| Chỉ tiêu cơ lý | Khi đưa vào và trong quá trình khoan | Trong thời gian đổ bê tông | Phương pháp thử |
|---|---|---|---|
| Tỷ trọng (kg) | 1.060-1.12 | 1.75-1.14 | Cân tỷ trọng |
| Độ nhớt (s/500 ml) | 23-27 | 23-35 | Thời gian chảy qua phễu tiêu chuẩn |
| Nồng độ pH | 8-11 | 8-11 | Giấy pH hoặc thước đo pH |

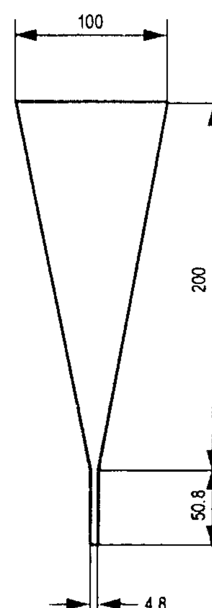
Cấu tạo phễu thử độ nhớt xem hình vẽ số 2

- Trong quá trình khoan vữa bentonite phải được cấp bổ sung liên tục vào trong hố khoan.

- Sau khi khoan đến cao độ thiết kế: Bước 1: dừng lại 30-45 phút dùng gầu vét làm sạch đáy hố khoan. Bước 2: phải tiến hành rửa vệ sinh lỗ khoan bằng vữa bentonite mới có các chỉ tiêu như ghi trên bảng 1 theo phương pháp tuần hoàn nghịch.

- Vữa bentonite có thể cho phép sử dụng lại nhiều lần sau khi đã qua công đoạn tách cát bằng thiết bị chuyên dụng.

- Vữa bentonite sau khi đã qua công đoạn xử lý cát phải đảm bảo các chỉ tiêu như đã ghi trong bảng 1 thì mới được sử dụng.

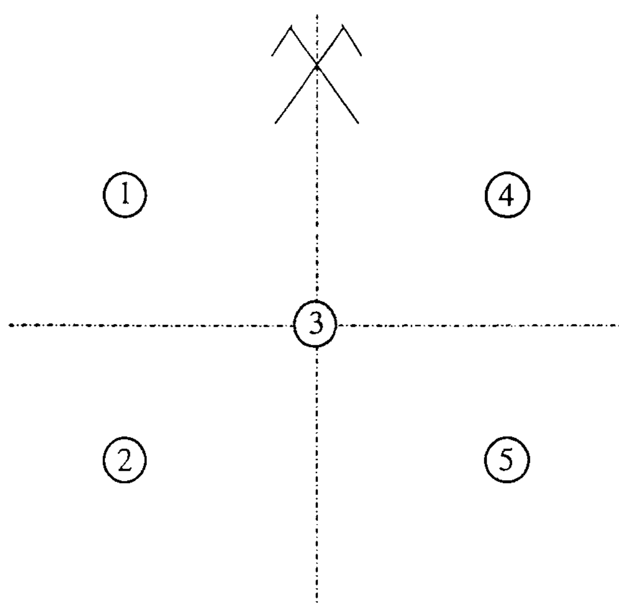



***Hình 3-11:*** *Phễu thử độ nhớt*

### 3.2.5. Công tác khoan tạo lỗ

#### *3.2.5.1. Khoan tạo lỗ*

- Trình tự khoan tạo lỗ và đổ bê tông cọc phải theo đúng sơ đồ sau:




***Hình 3-12:*** *Sơ đồ cọc cầu HP*

- Trong quá trình khoan tạo lỗ phải thường xuyên theo dõi các lớp địa chất mà mũi khoan đi qua và đối chứng với tài liệu khảo sát địa chất.

- Trong quá trình khoan phải thường xuyên bổ sung vữa bentonite vào trong hố khoan sao cho mặt vữa trong hố khoan phải luôn luôn cao hơn mực nước ngoài ống vách tối thiểu là 1m.

- Phải thường xuyên theo dõi độ xiên của cọc, độ sai lệch toạ độ trên mặt bằng và độ mở rộng hố khoan để kịp thời xử lý.

- Để đảm bảo cho hố khoan ổn định không bị sụt lở cần hạn chế đến mức tối đa các va đập hoặc các lực xung kích tác dụng vào hố khoan.

- Phải thường xuyên theo dõi mực nước ngầm hoặc các hoạt động của mạch nước ngầm để có biện pháp xử lý kịp thời.

- Công tác khoan phải tiến hành liên tục và không được phép nghỉ nếu không có sự cố gì về máy móc và thiết bị khoan.

- Trong điều kiện địa chất phức tạp cần phải điều chỉnh độ nhớt của vữa bentonite theo bảng sau:

***3.2.5.2. Trị số độ nhớt thích hợp của dung dịch***

**Bảng 3.6**

<table>
<tr><th rowspan="2" colspan="2">Tình hình địa chất công trình</th><th rowspan="2">Phương pháp sử dụng dung dịch</th><th rowspan="2">Tầng đất</th><th rowspan="2">Độ dính thích hợp (500/500cc)S</th><th colspan="2">Biện pháp</th></tr>
<tr><th>Khi độ nhớt thấp quá</th><th>Khi độ nhớt cao quá</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Khi điều kiện công trình rất bình thường</td><td rowspan="2">Nước ngầm ít</td><td>Phương pháp tuần hoàn</td><td>Bùn tích lẫn cát,<br>Cát,<br>Cuội sỏi</td><td>23-27<br>28-35<br>37-45</td><td rowspan="2">Trộn thêm 1-2% sét bentonite hoặc 0,05-0,1% CMC</td><td rowspan="2">Thông thường thì trộn thêm 0,05-0,1% chất giảm nước, trộn vào đất sét thấy độ dính tăng thêm thì cho thêm nước</td></tr>
<tr><td>Phương pháp tĩnh</td><td>Bùn tích lẫn cát,<br>Cát,<br>Đá sỏi</td><td>4-28<br>32-40<br>45-55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nước ngầm nhiều</td><td>Phương pháp tuần hoàn</td><td>Bùn tích lẫn cát,<br>Cát,<br>Cuội sỏi</td><td>23-35<br>33-40<br>55-65</td><td rowspan="2">Trộn thêm 1% sét bentonite đồng thời trộn thêm 0,1-0,2% CMC, sau đó thí nghiệm ngay để xác nhận độ dính</td><td rowspan="2">Trộn thêm 0,1-0,2% chất giảm nước, thêm nước sẽ không thích hợp nữa</td></tr>
<tr><td>Phương pháp tĩnh</td><td>Bùn tích lẫn cát,<br>Cát,<br>Cuội sỏi</td><td>23-35<br>37-45<br>70-80</td></tr>
</table>

Trong đó: dung dịch CMC có gốc Na, Mg, Xenlulô gốc A có tác dụng tăng thêm độ dính, chống bị bóc lở thành.

### 3.2.6. Rửa hố khoan

- Sau khi công tác khoan tạo lỗ kết thúc cần tiến hành ngay công tác rửa và vệ sinh hố khoan bằng cách thay và bổ sung vữa bentonite mới theo phương pháp tuần hoàn nghịch cho đến khi hàm lượng cát trong vữa bentonite nhỏ hơn 4% và độ nhớt cũng như tỷ trọng của vữa bentonite đạt đến yêu cầu trong bảng 1.

- Lượng chất bồi lắng đáy hố khoan sau khi đã vệ sinh hố khoan không được dày quá 4,0cm.

- Kiểm tra độ lắng đọng của các chất bồi lắng bằng cách đặt hộp thép không có nắp xuống đáy hố khoan ngay sau khi đã vệ sinh xong, sau đó trước khi đổ bê tông lấy hộp thép lên kiểm tra độ dày của lớp lắng đọng.

- Nếu độ dày của lớp lắng đọng lớn quá quy định phải tiến hành vệ sinh lại.

### 3.2.7. Công tác cốt thép

- Cốt thép đưa vào sử dụng phải đúng kích thước và chủng loại theo đúng yêu cầu của thiết kế.

- Khung cốt thép cọc được chế tạo sẵn thành các khung theo đúng hồ sơ thiết kế sau đó đưa ra vị trí thi công tổ hợp và hạ xuống cao độ thiết kế.

- Công tác hạ lồng cốt thép phải được làm hết sức khẩn trương để giảm tối đa lượng chất lắng đọng xuống đáy hố khoan cũng như khả năng sụt lở thành vách.

- Công tác hạ cốt thép phải được tiến hành ngay sau khi vệ sinh hố khoan xong và tiến hành càng sớm càng tốt.

- Trong trường hợp khung cốt thép phải nối bằng mối nối hàn cần phải tận dụng tối đa khả năng của thiết bị hàn để rút ngắn thời gian hàn nối đến mức tối thiểu.

- Toàn bộ thời gian của công tác hạ lồng cốt thép không nên vượt quá 4 giờ.

- Việc hạ lồng cốt thép phải làm hết sức nhẹ nhàng tránh va đập mạnh vào thành hố khoan làm sụt lở vách.

- Sau khi lồng cốt thép đã được hạ đến cao độ yêu cầu phải tiến hành neo cố định lồng cốt thép vào ống vách thép để tránh chuyển vị trong quá trình đổ bê tông.

- Để cho khung cốt thép được đặt đúng vào tâm hố khoan trên khung cốt thép phải đặt sẵn các con kê có kích thước phù hợp và có khoảng cách giữa các tầng con kê từ 2-3m.

### 3.2.8. Công tác bê tông

#### *3.2.8.1. Trộn bê tông*

Bê tông phải được trộn bằng trạm trộn cân đong tự động hoặc máy trộn có hệ thống định lượng có sai số không vượt quá 2%.

Thời gian trộn phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật của thiết bị trộn nhưng không ít hơn 1,5 phút. Bê tông trước khi đổ ra khỏi thùng trộn phải có 1 độ sụt đồng nhất.

*3.2.8.2. Vận chuyển bê tông*

+ Khi cự ly vận chuyển > 500m bê tông phải được vận chuyển bằng xe Mix.

+ Khi cự ly vận chuyển < 500m có thể vận chuyển bê tông bằng máy bơm hoặc các thiết bị khác đảm bảo không làm cho bê tông không bị phân tầng.

*3.2.8.3. Đổ bê tông*

- Tổ hợp và lắp đặt ống đổ bê tông vào trong lòng hố khoan sao cho ống được đặt suốt chiều dài hố khoan.

- Treo hệ thống ống đổ bê tông lên miệng ống vách thép.

- Để giảm tối thiểu mức độ lắng cặn và khả năng sụt lở hố khoan, bê tông phải được đổ vào trong lòng cọc ngay sau khi khoan xong và rửa vệ sinh hố khoan bằng vữa bentonite và ngay sau khi lắp đặt xong khung cốt thép.

- Các công tác như: Kiểm tra cặn đáy hố khoan, lắp đặt lồng cốt thép, lắp đặt ống dẫn bê tông phải được làm hết sức khẩn trương. Nếu thời gian này vượt quá 4 giờ thì phải tiến hành thay và bổ sung vữa bentonite mới cho đến khi độ nhớt và dung trọng của vữa bentonite đạt được yêu cầu rồi mới tiến hành rót bê tông vào lòng cọc.

- Sau khi lắp đặt lồng cốt thép xong và trước khi đổ bê tông nhất thiết phải kiểm tra độ lắng đọng của mùn của hố khoan. Nếu ướt quá quy định phải tiến hành rửa lại hố khoan bằng vữa bentonite theo phương pháp tuần hoàn nghịch.

- Bê tông được rót vào ống dẫn bê tông thông qua phễu.

- Bê tông trước khi rót vào phễu của ống dẫn phải có độ sụt >14cm. Không một mẻ bê tông nào có độ sụt <14 được rót vào trong lòng cọc.

- Trước khi đổ xe bê tông đầu tiên dùng pa lăng xích hoặc cẩu nhấc hệ thống ống lên sao cho chân ống cách đáy hố khoan chừng 25 - 30cm để quả cầu ngăn nước có thể thoát ra khỏi ống và nổi lên trên, cho phép bê tông bắt đầu tràn vào trong lòng cọc chiếm chỗ của vữa bentonite.

- Tiếp tục cấp bê tông liên tục vào phễu.

- Vận tốc chuyển động của cột bê tông trong ống dẫn không được lớn hơn 0,12m/s và không được nhỏ hơn 0,3m/h.

- Chân của ống dẫn phải luôn luôn ngập sâu trong vữa bê tông từ 2 - 6m.

- Phải giảm tối thiểu thời gian nâng ống dẫn và thời gian tháo ngắn ống dẫn để tăng tốc độ đổ bê tông.

- Trong suốt quá trình đổ bê tông cọc tránh không để bê tông tràn ra ngoài miệng phễu và rơi vào trong lòng cọc làm ảnh hưởng đến độ nhớt của vữa bentonite và làm ảnh hưởng đến chất lượng bê tông của cọc.

- Trong quá trình đổ bê tông phải thường xuyên kiểm tra cao độ mặt bê tông trong lòng cọc bằng thước dây và dọi chuyên dụng để kịp thời điều chỉnh cao độ chân ống dẫn cho phù hợp.

- Trước khi đổ bê tông phải tính toán kỹ lưỡng năng lực cấp bê tông của các nguồn sản xuất bê tông sao cho đảm bảo thời gian đổ bê tông cho một cọc tối đa là 5 giờ.

- Cao độ đổ bê tông cuối cùng phải cao hơn cao độ đầu cọc thiết kế tối thiểu là 100cm sau đó phải đục bỏ để đảm bảo bê tông cọc đồng nhất, rắn chắc không bị tơi xốp.

### 3.2.9. Các biện pháp an toàn thi công cọc khoan nhồi

Trước khi thi công phải tổ chức học tập cho những người tham gia thi công nắm vững: Quy trình kỹ thuật và quy trình an toàn lao động. Phải làm cho mọi người hiểu rõ an toàn lao động là mục tiêu cao nhất, có ý thức bảo vệ mình.

Trong quá trình thi công mọi người đều phải ở vị trí của mình, tập trung tư tưởng để làm việc, điều khiển máy chính xác. Cấm ngặt bỏ vị trí làm việc.

Khi làm việc phải có đầy đủ trang bị bảo hộ lao động theo quy định.

Thường xuyên kiểm tra tời, cáp, phanh, dụng cụ thao tác các loại máy, các hệ thống truyền lưu của cả động cơ nhất thiết phải được bao cho kín để đảm bảo an toàn.

Các vùng nguy hiểm ở công trường phải đặt biển báo và có người canh gác.

Hệ thống dây điện, cáp điện ở hiện trường phải bố trí hợp lý, nghiêm chỉnh chấp hành các quy định về an toàn sử dụng điện. Phải có công nhân chuyên môn phụ trách hệ thống điện.

Ở công trường ngoài trách nhiệm của đội trưởng, tổ trưởng phải chỉ định thêm người làm công tác bảo đảm an toàn lao động.

Mỗi ca làm việc trưởng ca phải chịu trách nhiệm toàn bộ quá trình công việc. Khi đổi ca phải bàn giao chi tiết cho trưởng ca mới và có sổ bàn giao ký nhận.

Phải ghi đầy đủ vào nhật ký thi công cọc khoan nhồi.

Khi khoan dưới nước phải chấp hành đầy đủ các quy định an toàn về làm việc trên sông. Phải có đầy đủ các loại tín hiệu, phao hiệu, cờ hiệu, đèn hiệu... Phương tiện nổi phải đảm bảo an toàn theo quy định và phải có lan can chắc chắn để giữ an toàn cho người và thiết bị. Đối với cán bộ, công nhân phải được trang bị đầy đủ các loại phao cứu sinh, cứu hộ, tàu, thuyền để đảm bảo an toàn. Mọi thành viên phải biết bơi lặn.

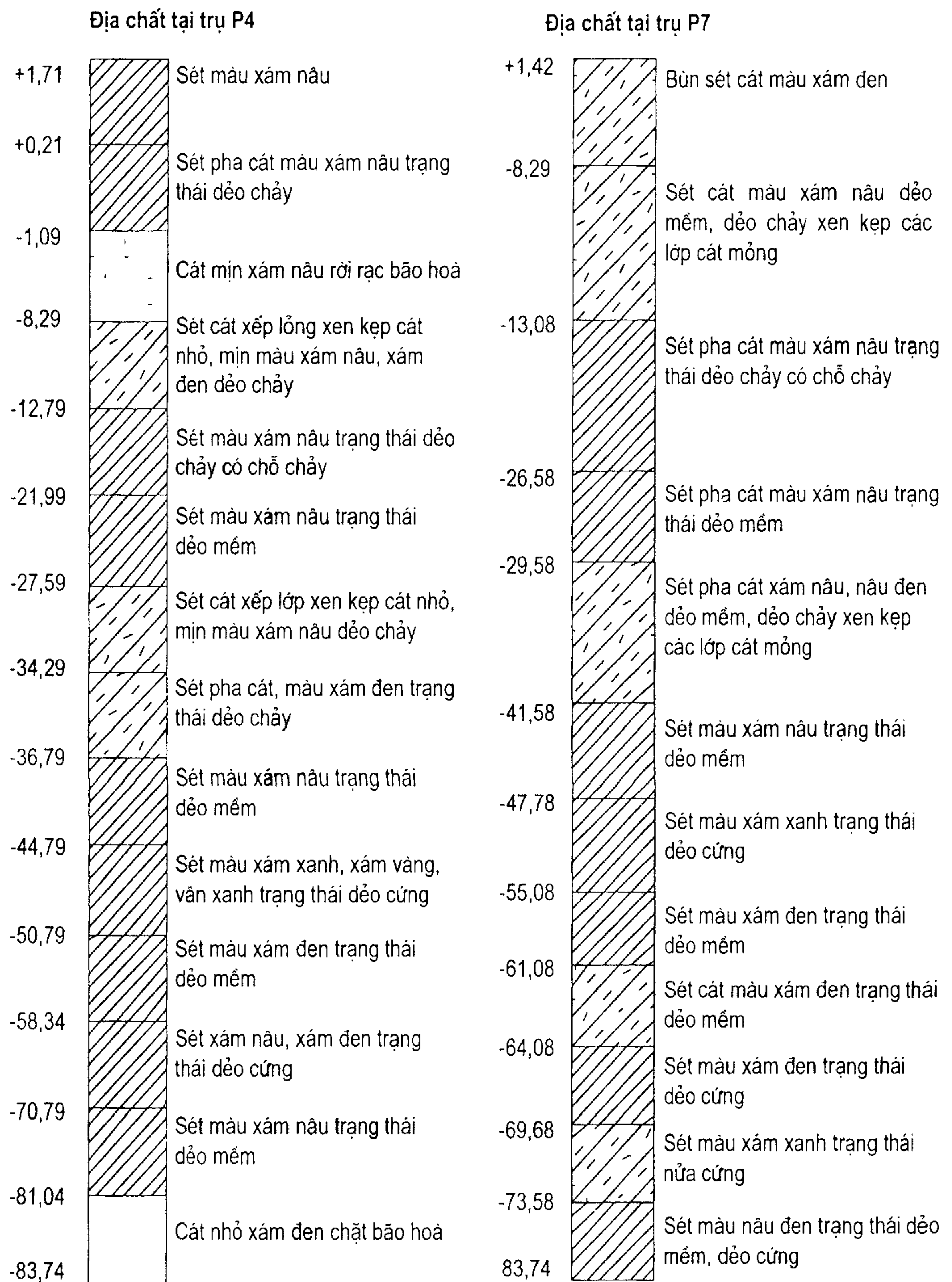
Làm việc ban đêm phải có đầy đủ các đèn chiếu sáng, ở nơi tập trung lao động và lao động nặng nhọc phải được chiếu sáng bằng đèn pha.

## 3.3. VÍ DỤ CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN 1,5m BẰNG MÁY KHOAN GPS-15 Ở CẦU T

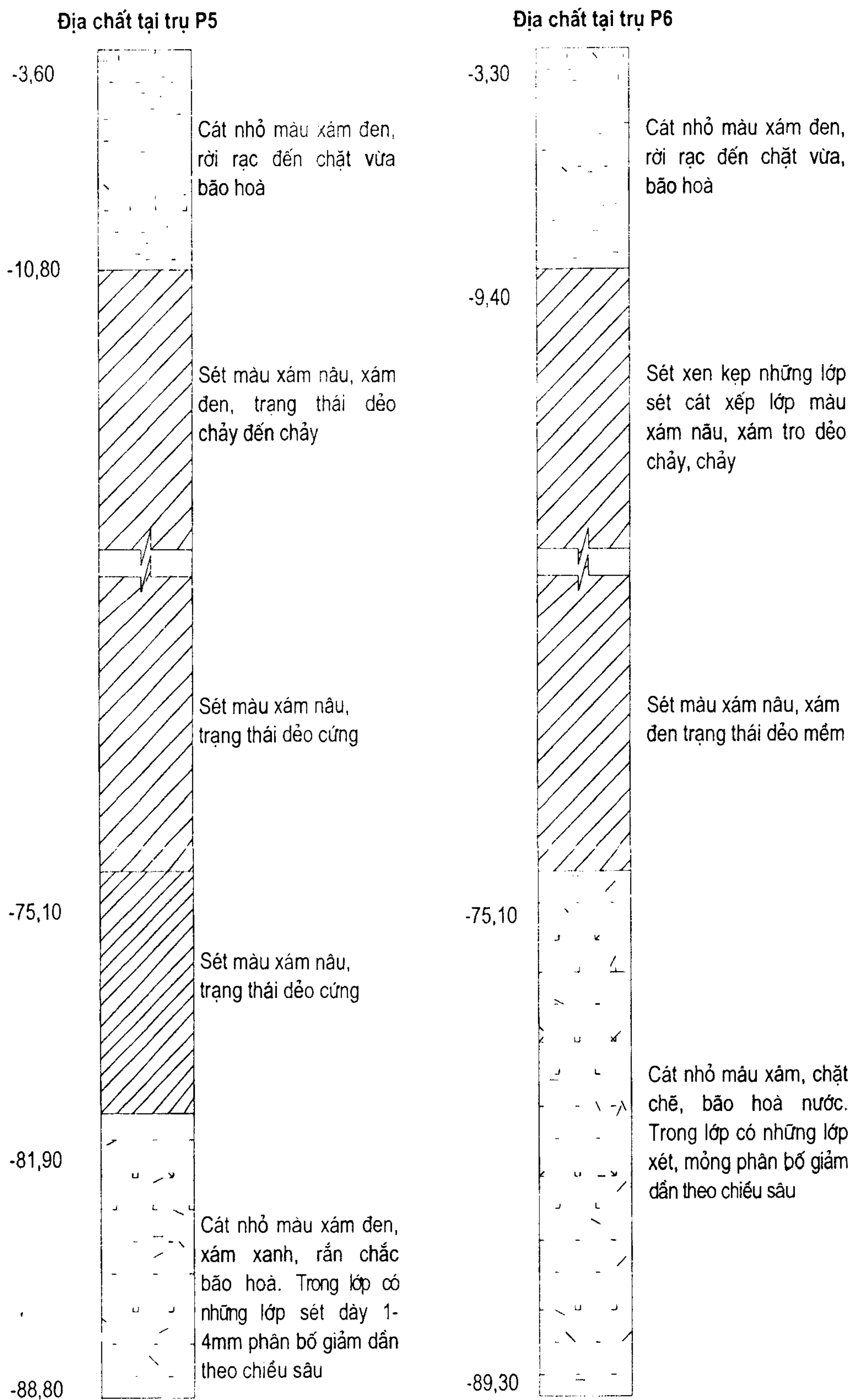
### 3.3.1. Giới thiệu chung

Cầu T ở khu vực Thành phố Huế. - Các mố, trụ có kết cấu móng cọc khoan nhồi đường kính $\phi$ = 1500mm, có chiều dài cọc $L_c$ = 82,0m.

### *3.3.1.1. Đặc trưng mặt cắt địa chất các trụ cầu*




***Hình 3-13:*** *Ví dụ cấu tạo địa chất ở cầu T*
*(Trụ 4 + Trụ 7)*




***Hình 3-13:*** *Ví dụ cấu tạo địa chất ở cầu T - (Trụ 5 + Trụ 6)*

***3.3.1.2. Giới thiệu Máy khoan GPS-15***

- *Đường kính lỗ khoan:* 0,8m; 1,0m; 1,2m và 1,5 mét
- *Độ sâu lỗ khoan:* Đá: 50m, tầng phủ: 150m.
- *Phương thức vươn ra miệng lỗ:* Đi thẳng cả máy vươn ra miệng lỗ.
- *Cần khoan:*
  - Cần chủ động: 178 × 178 × 3750 mm.
  - Lỗ trong cần khoan: $\phi$168 × $\phi$1150 × 3000 mm.
  - Phương thức liên kết: Mặt bích, bu lông hoặc liên kết kiểu cắm chốt (chốt răng).
- *Động lực:*
  - Động cơ điện: Kiểu Y200L-4
  - Công suất: 30kW
  - Vòng quay: 1470 vòng/ phút
- *Mâm quay (đĩa quay):*
  - Vòng quay (3 nấc thuận. ngược): 13, 23, 42 vòng/ phút
  - Mô men lớn nhất: 22kN.m
- *Tời chính:*
  - Sức nâng (tốc độ thứ nhất - 1 sợi cáp): 30 kN
  - Tốc độ nâng lên bằng 1 sợi cáp (tốc độ bình quân): 0,65; 1,16; 2,08 mét/ giây
  - Đường kính cáp thép: Φ 20mm (D-6 × 19 + 1)
  - Lượng dây chứa được trong rulô: 80m
- *Tời phụ:*
  - Đường kính sợi cáp thép: Φ 14mm (D-6 × 19 + 1)
  - Năng lực nâng lên (sức nâng): 20 kN
  - Tốc độ nâng lên 1 sợi cáp: 0,46; 0,78; 1,44 mét/ giây
- *Tháp khoan:*
  - Hình thức kết cấu: Kiểu chữ môn "∏"
  - Chiều cao vuông góc: 8m
  - Phụ tải định mức (phụ tải móc lớn): 180 kN
- *Đầu thuỷ long:*
  - Năng lực phụ tải: 180 kN
  - Đường kính ống xiphông dẫn nước ra: 150mm
- *Hệ thống xe trượt di động:*
  - Hình thức: 3 × 3
  - Năng lực phụ tải: 180 kN

- *Hệ thống thải phoi:*

  - Phương thức thải phoi: Bơm hút tuần hoàn

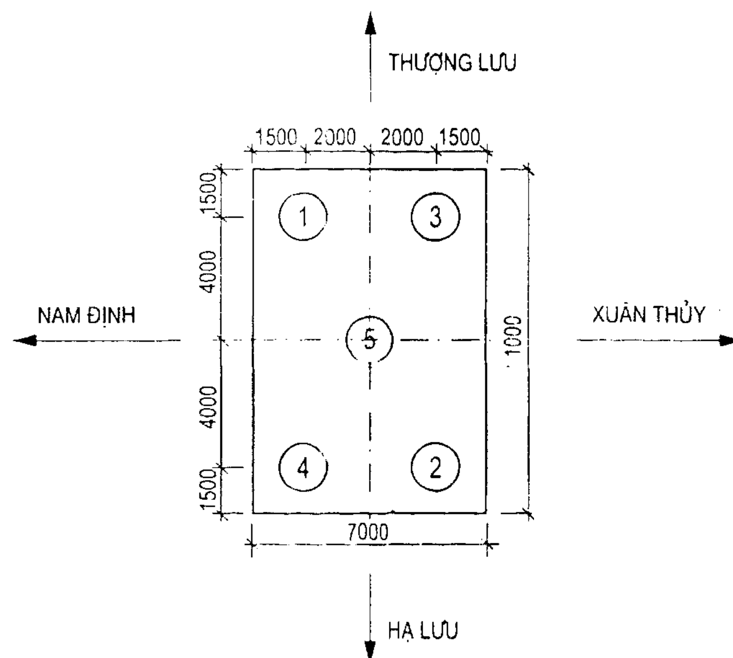
- *Thông số bơm cát đá:*

  - Lưu lượng: 180 $m^3$/ h
  - Hành trình hút: 0,075 MP (Mêga Pascan)
  - Hành trình đẩy: 0,13 MP
  - Công suất: 30 kW
  - Vòng quay: 730 vòng/ phút
  - Kích thước bệ máy khoan: 9570 × 2420 × 8620 mm

- *Tổng trọng lượng máy khoan:* 8 tấn
- *Kích thước* (dài × rộng × cao): (4,7 × 2,2 × 8,3)m

***3.3.1.3. Sơ đồ cọc của trụ P4 và P7***

- Trụ P4 và P7 có sơ đồ cọc như sau (hình 3-14)




***Hình 3-14:*** *Sơ đồ cọc trụ cầu T*

## 3.3.2. Chuẩn bị thi công

***3.3.2.1. Tạo mặt bằng thi công***

* *Các bước tạo mặt bằng thi công*

1) Đo đạc xác định vị trí trụ chính xác, sau đó tiến hành tạo mặt bằng thi công cọc.

2) Mặt bằng thi công được đắp bằng cát sông, cao độ mặt bằng phải lớn hơn cao độ mực nước thi công (MNTC) ít nhất là 1m, mặt bằng đầm chặt K=90% (Sơ đồ mặt bằng thi công xem bản vẽ kèm theo).

3) Dùng tấm bản bê tông dầy 20 - 30cm kê chỗ đứng cho cẩu 25T.

4) Xây bể chứa dung dịch bentonite: bể xây 3 ngăn, mỗi ngăn 30m$^3$ để chứa bentonite. Đặt ống bơm nước trong quá trình khoan từ hố khoan đến bể lắng.

5) Nguồn điện: Nguồn điện sẽ được cung cấp từ nguồn điện máy phát và điện lưới truyền từ trạm điện tới để phục vụ thi công.

* *Hồ sơ*

- Bản vẽ thi công mố, trụ.
- Thiết kế mác bê tông, thí nghiệm vật liệu cho bê tông
- Phiếu thí nghiệm thép dùng cho cọc bê tông.

***3.3.2.2. Kiểm tra công tác chuẩn bị***

Ngoài việc kiểm tra kỹ lưỡng các nội dung nêu trên cần kiểm tra thêm các nội dung sau:

- Kiểm tra máy khoan GPS-15 và cho chạy thử.
- Kiểm tra số lượng, chất lượng thiết bị phục vụ thi công: Cần cẩu, máy bơm bê tông, trạm trộn, ống vách khoan, máy trộn dung dịch, máy bơm nước, ống đổ bê tông v.v...
- Vận hành thử các thiết bị phục vụ thi công.
- Kiểm tra vật liệu cho bê tông.

***3.3.2.3. Những điểm cần lưu ý***

Dự phòng máy phát điện, biện pháp phòng hộ cho thiết bị và người khi có bão và lũ.

### 3.3.3. Công việc khoan tạo lỗ

Tuỳ theo tình hình mặt bằng, địa hình, điều kiện địa chất, thuỷ văn, nước ngầm và thiết bị khoan sử dụng mà chọn phương pháp khoan thích hợp.

Với điều kiện thực tế tại cầu T thì dùng thiết bị khoan GPS-15 của Trung Quốc để khoan cọc là thích hợp.

Nguyên lý khoan của thiết bị GPS-15 là mũi khoan nghiền đất cát nhỏ, trộn lẫn với dung dịch bentonite, đưa ra ngoài bằng tuần hoàn bentonite. Việc giữ ổn định thành vách được giữ bằng dung dịch bentonite.

Công việc khoan cọc được chia thành 2 giai đoạn:

- Giai đoạn khoan tuần hoàn thuận đến cao độ -40.00m.
- Giai đoạn khoan tuần hoàn nghịch phần cọc còn lại.

Công việc sẽ được tiến hành theo các bước sau:

***3.3.3.1. Khoan tuần hoàn thuận***

*1- Tạo mặt bằng thi công*

- Mặt bằng thi công được đắp bằng cát sông, cao độ mặt bằng phải lớn hơn cao độ mực nước thực tế (MNTC) ít nhất là 1m; mặt bằng đầm chặt K = 90%.

- Diện tích mặt bằng phải đủ để chứa dàn khoan và các thiết bị kèm theo bao gồm: thùng chứa bentonite, khu vực hoạt động cho cẩu, mặt bằng chứa cốt liệu đổ bê tông, trạm trộn bê tông...

*2- Xác định vị trí cọc*

Sau khi mặt bằng thi công đã được san phẳng và đầm chặt, việc xác định cọc được tiến hành theo quy trình được tính toán xác định từ trước bằng các thiết bị đo chính xác. Trên cơ sở các mốc đo đạc, cơ tuyến được thiết kế giao cho thoả mãn quy định về sai số đầu cọc, phải dùng 3 máy kinh vĩ, hoặc 2 máy kinh vĩ + 1 máy đo xa để xác định các vị trí của cọc.

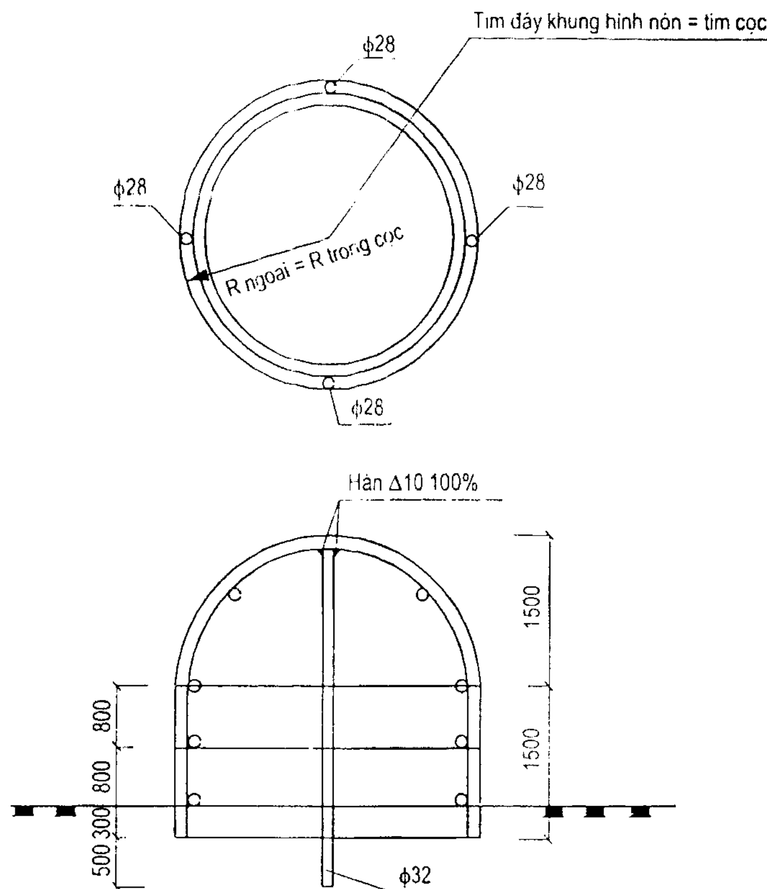
*3- Định vị máy khoan và ống vách*

- Định vị máy khoan:

Sau khi đưa máy khoan vào vị trí phải cân bằng máy và kê cứng các chân máy đảm bảo máy khoan không bị nghiêng hay di động, cho máy khoan quay thử không tải. Nếu máy khoan bị xê dịch hay lún cần phát hiện nguyên nhân và xử lý kịp thời.

- Biện pháp định vị ống vách:

Dùng một khung định vị (xem hình 3-15), đường kính ngoài cùng của khung nhỏ hơn đường kính trong của ống vách 10mm, tim của khung định vị trùng với tim cọc khoan.




***Hình 3-15:** Định vị máy khoan và ống vách*

- Đầu tiên đặt tâm của đáy khung định vị đúng vị trí tim cọc, sau đó đặt ống vách chụp ra ngoài khung này. Khi xác định ống vách đã đúng vị trí rồi mới cẩu nhấc khung định vị ra ngoài.

*4- Công tác kiểm tra ống vách*

- Sau khi ống vách đã nằm trong lòng đất, việc kiểm tra trục và đường sinh của ống vách có thẳng hay không đó là điều rất khó, vì vậy muốn kiểm tra được các yếu tố trên phải kiểm tra gián tiếp qua các thông số kỹ thuật khác như: cao độ các điểm trên đỉnh của đốt ống vách đang hạ. Nếu địa hình cho phép, lúc đầu có thể kiểm tra trực tiếp trên đường sinh của ống vách bằng ni-vô

- Công việc kiểm tra này phải thường xuyên, liên tục trong quá trình hạ ống vách.

- Độ nghiêng của ống vách là độ nghiêng của cọc và không được lớn hơn 0,5% theo TCXD-205: 1998. Bố trí số lượng, chủng loại, vị trí các máy cao đạc để kiểm tra độ chính xác về cao độ, độ nghiêng, vị trí quy định.

*5- Khoan hạ ống vách*

Sau khi cẩu ống vách vào vị trí, cẩu búa rung, liên kết với đỉnh ống vách và rung hạ ống vách đến cao độ -11,00m, với mặt cắt địa chất trụ P4 và P7 cầu T là lớp sét cát xen kẹp các lớp cát mỏng. Mũi ống vách phải nằm sâu trong tầng đất không thấm nước ≥ 2m. Có thể lấy bớt đất trong lòng ống vách để giảm bớt ma sát và hạ ống vách tới cao độ yêu cầu. Đỉnh ống vách được đặt ở cao độ +5,00m.

- Trong quá trình khoan cọc phải điều chỉnh tốc độ khoan cho phù hợp với khả năng khoan của máy, không nên khoan tốc độ cao, để máy làm việc quá tải, đồng thời không được khoan chậm quá để dễ gây sụt thành lỗ khoan, ảnh hưởng đến năng suất khoan.

- Chiều sâu đặt ống vách: Căn cứ vào tình hình mặt cắt địa chất của từng trụ mà ta có thể dự kiến đặt ống vách tới cao độ như sau:

+ Đối với trụ P4: Cao độ mặt đảo là 3,0m, ống vách nhô lên khỏi mặt đất 2m, vì vậy từ đó có thể dự kiến cao độ mũi ống vách tại -11,00m, theo tài liệu khoan địa chất cầu LQ thì đó là lớp sét cát xếp lỏng xen kẹp cát nhỏ, mịn màu xám nâu, xám đen trạng thái dẻo chảy (xem mục 1.1).

+ Đối với trụ P7: Phần tạo mặt bằng sẽ giống như biện pháp tạo mặt bằng của trụ P4 (xem phần tạo mặt bằng). Cao độ mặt đảo là 3,0m, vì vậy từ đó có thể dự kiến cao độ mũi ống vách tại -11.00m, theo tài liệu khoan địa chất cầu T thì đó là lớp sét cát màu xám nâu, trạng thái dẻo mềm, dẻo chảy, xen kẹp các lớp cát mỏng (xem mục 1.1).

*Lưu ý:* Cao độ chân ống vách sẽ được quyết định chính thức căn cứ vào diễn biến địa chất thực tế (chi tiết xem mục 1.1 - đặc trưng mặt cắt địa chất các trụ cầu T).

*6- Biện pháp khoan tuần hoàn thuận*

- Sau khi ống vách đã hạ xong, cẩu búa rung xuống và lắp đặt dàn khoan GPS-15 lên sàn đạo.

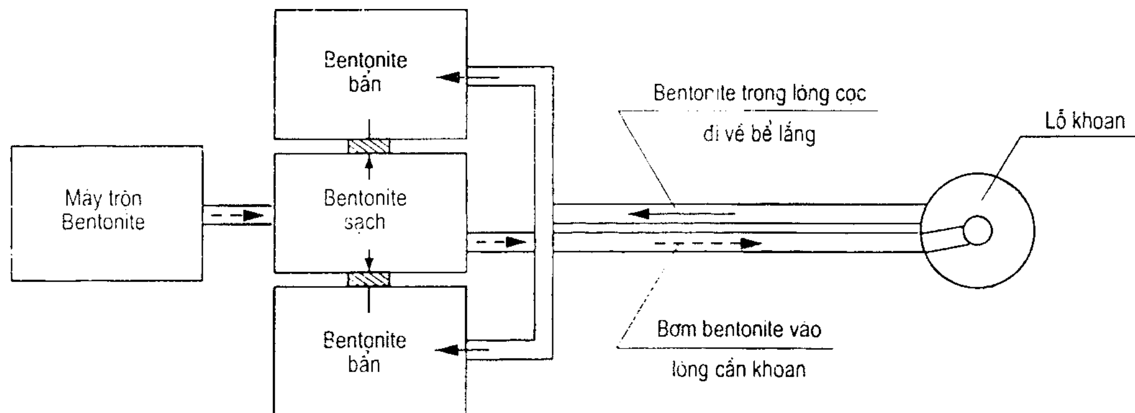
- Trộn dung dịch khoan bentonite bơm vào trong lòng cần khoan, đất cát được quấy nhuyễn lẫn vào bentonite chảy tràn qua mặt ống vách theo máng dẫn về bể lắng đọng. Đất cát sẽ lắng dọng lại ở đây, còn phần sạch ở phía trên được tràn qua bể chứa. Lưu ý lượng bentonite bơm vào phải đủ gây áp lực để vữa tràn qua ống vách vào bể lắng.

- Bể chứa dung dịch khoan gồm 3 ngăn:

+ Ngăn giữa chứa bentonite đã tinh chế và dung dịch tốt từ máy trộn cấp đến.

+ Hai ngăn bên là bể lắng: giữa bể lắng và bể chứa có thông nhau bằng một cửa chảy tràn.

- Phương pháp khoan tuần hoàn thuận được sơ hoạ như sau (xem hình 3-16)




*Hình 3-16: Sơ đồ tuần hoàn vữa sét*

- Với máy bơm bentonite của dàn khoan GPS-15 sẽ khoan được đến cao độ -40.00.

- Trong quá trình khoan phải luôn luôn kiểm tra các tầng địa chất mà mũi khoan đi qua, ghi chép đầy đủ vào sổ nhật ký công trình

- Cách kiểm tra địa tầng: thông qua hộp lấy mẫu và dung dịch bentonite.

- Trong quá trình khoan phải luôn luôn làm ổn định chiều cao cột nước trong hố khoan và duy trì cao độ mực nước luôn lớn hơn mực nước ngầm, hoặc cao độ mực nước thiên nhiên, mặt đất tuỳ thuộc vào kết quả tính toán ổn định.

- Không được để cho mũi khoan hoặc gầu xúc đất trong trạng thái ngừng làm việc dưới hố móng. Khi có sự cố phải tạm dừng khoan, cấm không lấy đất trong lỗ khoan để tránh bị chôn vùi trong đất do sụt lở vách khoan.

### *3.3.3.2. Khoan tuần hoàn nghịch*

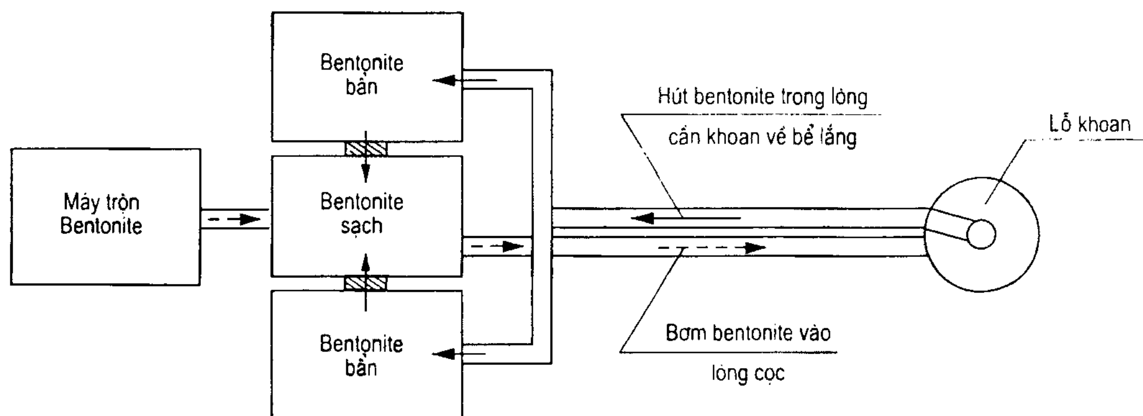
Theo đồ án thiết kế đã giới thiệu cao độ mũi cọc bê tông đặt tại -84.00m, trong khi khoan tuần hoàn thuận chỉ khoan được đến cao độ - 40.0, từ cao độ - 40.0 đến -84.0 sẽ dùng phương pháp khoan tuần hoàn nghịch để tăng tốc độ khoan lên. Phần còn lại của các cọc hầu hết đi qua các tầng địa chất sét màu xám xanh, xám nâu và xuống sâu gần đáy cọc là cát nhỏ xám đen chặt bão hoà.

Phương pháp tuần hoàn nghịch là dùng máy bơm hút bentonite từ lòng cọc kéo theo cả bùn cát đưa về bể lắng và dùng máy bơm khác bơm bù dung dịch khoan ở bể chứa vào lỗ

cọc bên ngoài cần khoan. Lưu ý lưu lượng bơm vào phải luôn ≥ lưu lượng hút từ lỗ cọc ra. Việc bơm bù dung dịch vào lỗ khoan và hút dung dịch bentonite ra phải được tiến hành nhịp nhàng nhằm đảm bảo mức dung dịch bentonite trong lòng cọc luôn ổn định.

Để máy bơm hút dung dịch bẩn qua khỏi lòng cần khoan được liên tục thì khoảng cách chiều cao từ tâm máy bơm đến mặt thoáng dung dịch bên trong lỗ cọc H < 7m. Do vậy việc bơm bù dung dịch vào là rất quan trọng.

Sơ hoạ phương pháp khoan tuần hoàn nghịch: (xem hình 3-17)




***Hình 3-17:*** *Sơ đồ tuần hoàn vữa sét*

Công việc tạo lỗ bằng bentonite thường gặp sự cố sụt thành lỗ, cho nên việc làm lỗ vẫn là việc làm cẩn thận và tỷ mỉ. Nguyên nhân của sụt thành lỗ là áp lực dung dịch không đủ để giữ thành lỗ hoặc cao độ mực nước trong lỗ thấp hơn cao độ mực nước ngầm, khi lấy đất trong lòng lỗ va chạm vào thành lỗ cũng gây ra sụt thành.

Để khắc phục các sự cố trên, trong quá trình tạo lỗ bằng bentonite phải xem xét các vấn đề sau:

+ Thành phần vữa bentonite phải phù hợp với từng lớp, loại mặt cắt địa chất, cụ thể dùng tỷ lệ như thế nào phải tuỳ thuộc vào tình trạng thực tế của địa chất mà thay đổi tỷ lệ bentonite cho thích hợp.

+ *Lưu ý:* khi lấy đất trong lòng lỗ thì cao độ mực bentonite trong lòng lỗ luôn bị hạ thấp vì thế phải có biện pháp đưa bentonite bù vào lỗ khoan và duy trì mực bentonite trong lỗ khoan luôn lớn hơn cao độ mực nước ngầm hoặc cao độ mực nước tự nhiên từ 1 đến 2m, nếu chênh cao độ 2 mực nước này quá lớn có thể sinh ra hiện tượng nước trong lỗ thấm ra ngoài xung quanh làm thay đổi hoặc phá vỡ cố kết nguyên thuỷ của địa tầng xung quanh làm giảm khả năng chịu lực của cọc.

Móng cọc khoan cầu LQ có chiều sâu lỗ khoan hơn 80m vì vậy việc tạo lỗ khoan cần hết sức cẩn thận. Khi thành lỗ bị sụt hoặc các sự cố dưới lỗ khoan tuyệt đối không được cho người xuống để xử lý.

Lưu ý việc nạo vét bể lắng trong quá trình khoan bằng bentonite.

### *3.3.3.3. Dung dịch bentonite*

Dung dịch khoan được tính toán dựa trên nguyên lý cân bằng áp lực: áp lực của cột dung dịch trong hố khoan tại độ sâu, nơi có địa tầng dễ sụt lở phải luôn lớn hơn áp lực của đất và nước bên ngoài. Thường ở phần trên của hố khoan, nơi có các tải trọng phụ do các thiết bị thi công, các công trình lân cận thì sự cân bằng này rất khó đảm bảo, người ta thường sử dụng một đoạn ống vách để giữ ổn định lỗ khoan cho đến độ sâu mà áp lực của cột dung dịch lớn hơn áp lực đất và nước xung quanh và cũng là để nâng cao cột dung dịch trong hố khoan.

Trong quá trình khoan, ngừng khoan cũng như đổ bê tông cọc luôn phải giữ cao độ cột dung dịch như đã tính toán để tránh sụt vách hố khoan.

Tại những nơi phát hiện có nước ngầm việc tính toán sự cân bằng áp lực tác dụng lên thành lỗ khoan phải được tiến hành trước khi khoan.

Dung dịch vữa bentonite được hợp thành chủ yếu bởi đất sét bentonite, nó được đặc trưng bởi sự tạo thành lớp màng bùn bảo vệ trên bề mặt của vách hố khoan và tính xúc biến của nó. Hai đặc trưng cơ bản này làm ổn định đất trong hố khoan. Hiệu quả của tính xúc biến của dung dịch được thể hiện qua khả năng ngăn ngừa sự nhiễm bùn khoan vào dung dịch và sự lắng đọng mùn khoan ở đáy hố khoan trong một thời gian dài sau khi khoan xong.

Dung dịch vữa bentonite có tác dụng ngăn ngừa sự sụt vách đối với địa tầng là đất rời như cát, sỏi sạn, nhất là các lớp đất đó có chứa nước ngầm.

Do tác động của áp lực mà dung dịch bentonite thấm vào đất. Trong quá trình thấm sẽ tạo ra trên bề mặt của ống vách hố khoan một lớp màng thấm của dung dịch và lớp màng này bảo vệ bề mặt vách khỏi sụt lở. Sự hình thành lớp màng bùn bảo vệ khác nhau tuỳ theo tính chất của dung dịch, nói chung nếu dung dịch tốt thì màng này mỏng và khoẻ, còn ngược lại dung dịch xấu thì màng dầy và yếu. Màng khoẻ có độ chặt cao có thể chống lại các xung lực va chạm và ngăn cản được sự thẩm thấu của nước ngầm, do đó độ dầy của màng được hình thành trên vách hố khoan có liên quan nhiều đến tính chất của đất. Vì màng bùn được tạo thành nhờ sự thấm, nó chịu ảnh hưởng của độ thẩm thấu của đất, khi mà độ thẩm thấu gần bằng 0 như đất sét thì màng bùn sẽ không tạo thành được, ngược lại với đất cát, do độ thẩm thấu lớn hơn thì màng bảo vệ được hình thành.

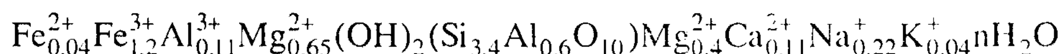
Để giữ ổn định thành vách trong một thời gian, dung dịch cần phải có chất lượng tốt và không bị hư hỏng theo thời gian.

*3.3.3.3.1. Thành phần bột bentonite hoạt hoá*

+ Thành phần khoáng:

| | |
|---|---|
| Monmorilonit: | 77,3% |
| Thạch anh: | 6,0% |
| Dolomit: | 10,0% |
| Hydromica: | 6,7% |

+ Công thức cấu trúc:



$$Fe^{2+}_{0,04}Fe^{3+}_{1,2}Al^{3+}_{0,11}Mg^{2+}_{0,65}(OH)_2(Si_{3,4}Al_{0,6}O_{10})Mg^{2+}_{0,4}Ca^{2+}_{0,11}Na^{+}_{0,22}K^{+}_{0,04}nH_2O$$

+ Hàm lượng cát: 0,2 - 0,7%.

Hoá phẩm để tạo dung dịch có các thông số chất lượng cao được chọn là sô-đa với các lý do sau:

- Tạo được cấu trúc cho dung dịch với tỷ trọng nhỏ có độ nhớt khá cao được các phần tử pha sẵn trong trạng thái lơ lửng khá tốt. Tính ổn định cao.

- Hệ số thải nước thấp, độ dày vỏ bùn nhỏ, tạo lớp vữa mỏng và chắc trên vách lỗ khoan.

- Ứng suất cắt tĩnh bé, có ý nghĩa trong khoan sâu với đường kính bé.

Tuy nhiên, hoá phẩm này không xử lý được trường hợp có nước khoáng xâm nhập và với nhiệt độ cao (lớn hơn $100^0C$) cấu trúc bị phá huỷ, dung dịch thay đổi các thông số và mất dần tác dụng cần có.

+ Với đối tượng khoan nông, các yêu cầu này có thể bỏ qua.

+ Quá trình hoạt hoá được tiến hành ngay trong giai đoạn nghiền.

+ Sản phẩm bột bentonite hoạt hoá được đánh giá theo tiêu chuẩn của Liên Xô (cũ) TY 1964 đánh giá chất lượng bột sét trên các dụng cụ thí nghiệm của phòng thí nghiệm dung dịch sét dã ngoại LGR-3:

Tỷ trọng kế AG-1.

Nhớt kế VP-5.

Đo độ thải nước và vỏ bùn VM-5

và được xếp loại 2 (trong 5 phẩm cấp)

Bột bentonite hoạt hoá pha thành dung dịch khoan đạt các thông số cơ bản sau:

- Tỷ trọng 1,04 - 1,06 g/$cm^3$.
- Độ nhớt 18 - 22 giây.
- Độ thải nước < 10$cm^3$/ 30 phút.
- Độ dày vỏ bùn 1 - 2mm.

Dung dịch với các thông số trên đáp ứng tốt cho các yêu cầu thi công các lỗ khoan không sâu (< 300m) với các điều kiện địa tầng phức tạp: đất phủ mềm bở, sét, sét pha cát, cát pha sét (cát hạt mịn và hạt trung), á sét, đá phong hoá nứt nẻ,...

Đối với tình hình địa chất thực tế đã khoan tại cọc đầu tiên của trụ P5 cầu T thì tỷ trọng của dung dịch sét phù hợp là 1,04 - 1,05 g/$cm^3$

*3.3.3.3.2. Điều chế và kiểm tra dung dịch*

Về cơ bản dung dịch phải được điều chế thoả mãn được tính chất cấu tạo của đất. Để đáp ứng điều đó, phải hiểu rõ quan hệ giữa cấu tạo của đất và xu hướng sụt lở thành vách.

*a) Độ nhớt thích hợp của dung dịch vữa sét*

Nói chung phải xác định độ nhớt của dung dịch vữa sét thoả mãn trạng thái của địa tầng và xem đó là yếu tố chủ yếu, đồng thời độ nhớt còn phải xem xét về chế độ xây dựng, giờ thi công,.. và xem đó là yếu tố phụ. Khi khoan để lâu rồi mới đổ bê tông thì phải dùng giá trị độ nhớt tiêu chuẩn cao nhất. Ngược lại sau khi đào xong đổ bê tông ngay thì có thể lấy giá trị độ nhớt thấp hơn. Tỷ trọng bentonite là một yếu tố quan trọng cho độ nhớt, tuy nhiên vì độ nhớt của bentonite rất khác nhau khi nơi khai thác và nhãn hiệu sản xuất khác nhau, không thể xác định tỷ trọng một cách đơn giản, không xét đến chất lượng của bentonite. Trước khi dùng loại bentonite dự kiến phải tiến hành thí nghiệm và phải thoả mãn yêu cầu đề ra. Chất CMC (Sodium carboxy methyl cellose) là chất phụ gia cho dung dịch vữa bentonite để nâng cao độ nhớt và có khả năng tạo thành màng bảo vệ. Đối với một vài loại bentonite, chất CMC cho vào không những cho chất lượng tốt mà còn kinh tế và giảm được tỷ trọng của dung dịch, trị số tỷ trọng phải được quyết định qua thí nghiệm. Vì rằng bentonite, chất CMC và dung dịch vữa bùn có quan hệ tương hỗ nhau, nhưng trị số của mỗi yếu tố, không thể xác định độc lập với nhau. Sau nhiều thí nghiệm với việc tổ hợp các tỷ lệ pha trộn có thể tìm được tỷ lệ thích hợp nhất.

**Bảng 3.7: Độ nhớt thích hợp của dung dịch vữa sét**

| Loại địa tầng | Độ nhớt đo phễu (500/ 500cc) (giây) | |
|---|---|---|
| | Không có nước ngầm | Có nước ngầm |
| Sét | 21-25 (29-35) | |
| Bùn cát, sét pha cát | | |
| Cát lẫn bùn | 23-27 (32-37) | 28-35 (38-43) |
| Cát hạt mịn đến thô | 25-32 (34-40) | 33-38 (41-46) |
| Cát và sỏi sạn | 30-35 (39-43) | 36-43 (44-50) |

*Ghi chú:* các trị số trong ngoặc chỉ có giá trị khi dùng 946/1500cc

*b) Phương pháp điều chỉnh dung dịch*

Dung dịch vữa sét thích hợp được pha trộn phù hợp với quá trình mô tả ở mục c và nếu trong quá trình thao tác có một số thay đổi thì phải có những điều chỉnh sau:

- Khi độ nhớt thấp: Nếu độ nhớt dung dịch vữa sét thấp hơn trị số thích hợp cho ở bảng 4 (không có nước ngầm) thì phải trộn chất CMC. Nói chung muốn tăng độ nhớt, dùng chất CMC hiệu quả hơn bentonite. Nơi có nước ngầm và khi độ nhớt trở lên thấp hơn trị số thích hợp, điều đó có thể được cho là do ảnh hưởng của nước ngầm. Trong trường hợp đó quá trình điều chỉnh chủ yếu làm tăng số % của bentonite và trộn thêm CMC thay đổi từ 0,05 - 0,2%.

- Khi độ nhớt cao: Nếu độ nhớt của dung dịch vữa sét vượt quá trị số thích hợp ghi trong bảng 4, nói chung các hạt sét hoà tan trong dung dịch. Khi đó phải thêm nước vào, nếu chưa điều chỉnh đủ thì dung dịch vữa bùn loãng hơn 0,05-0,3% sẽ được trộn thêm vào.

Cách thêm nước vào dung dịch vữa sét nên tiến hành trộn kỹ dung dịch với nước thêm vào trong thùng chứa và dung dịch trong hố đào phải được thay đổi nhiều lần bằng dung dịch mới sau khi đã cải thiện tính chất mà không được thêm nước đơn thuần đổ vào trong hố khoan. Hiện tượng nhiễm bê tông là một lý do chủ yếu khác dẫn đến làm tăng độ nhớt biểu kiến khi trộn với xi măng.

Khi đó nếu chỉ thêm một mình nước không thể cải thiện tình hình mà phải cần đến chất tác nhân phân tán để pha vào dung dịch. Nói chung 0,2% chất FCL phải được pha vào. Nếu việc điều chỉnh đã nói trên không thoả đáng được vấn đề thì phải dừng sử dụng dung dịch. Nơi có nước ngầm, pha thêm nước không phù hợp mà chỉ nên dùng dung dịch vữa bùn.

- Sự lọc thấm: Số lượng dung dịch qua thí nghiệm có liên quan đến khả năng chống sụt thành vách hố khoan của đất, lượng này rất lớn khi đất là cát hay sỏi. Nói chung dung dịch vữa sét có thể coi như đảm bảo chắc chắn nếu số lượng thấm ít hơn 10cc, còn nếu như dung dịch thấm vượt quá 20cc thì dung dịch đó không tốt dù ở trường hợp nào đi nữa. Ở nơi mà cấu tạo địa tầng có nhiều xu hướng bị sụt thành vách thì lượng thấm cho phép tối đa đôi khi giới hạn dưới 10cc. Việc cải thiện sự thấm sẽ giải quyết bằng cách tăng tỷ lệ trộn bentonite và chất phụ gia CMC. Chất CMC có hiệu quả tốt chủ yếu ở nơi có nước ngầm nhiều nên dùng cả hai loại bentonite và CMC.

- Tính chất ổn định chống lại lực trọng trường: Khi hố đào chờ một thời gian lâu để chờ đổ bê tông, dung dịch đất sét sẽ có vai trò quan trọng. Nếu khả năng giữ ổn định thành vách thấy có gì nghi ngờ thì dung dịch phải được cải thiện bằng cách trộn bentonite với CMC, điều này có nghĩa là thay thế dung dịch trong hố đào bằng dung dịch giữ ổn định tốt hơn.

*c) Độ nhớt thích hợp với cấu tạo địa chất có nhiều lớp khác nhau*

Nói chung ở nơi cấu tạo địa chất có nhiều địa tầng khác nhau, độ nhớt của dung dịch vữa sét phải dựa trên cơ sở của lớp nguy hiểm nhất, có xu hướng sụt lở thành vách lớn nhất so với các lớp địa tầng khác, vì rằng chiều sâu tăng thì khả năng sụt lở thành vách giảm đi do có sự ảnh hưởng của áp lực nước. Nói chung phải quan tâm nhiều nhất trong phạm vi 10m dưới mặt đất. Trong khi đào các hạt sét trong phần đất được lấy đi hoà tan trong dung dịch và độ nhớt của dung dịch sét tăng lên dần dần. Vì thế ngay cả trường hợp lớp trên là sét và lớp dưới là cát cần có độ nhớt cao, thì độ nhớt đáp ứng được yêu cầu của lớp dưới không phải lúc nào cũng cần phải có do phân tích nói trên. Khi bắt đầu đào đưa dung dịch vào, với độ nhớt thoả mãn lớp trên, sau đó tiến hành đào tới lớp cát, dung dịch vữa sét có thể được điều chỉnh để thoả mãn điều kiện địa chất, tuy nhiên trong trường hợp cấu tạo địa chất không ổn ngay với lớp đất trên cùng thì dung dịch phải có độ nhớt thoả mãn trên toàn bộ địa tầng. Vì rằng các đặc trưng của dung dịch vữa sét thay đổi trong quá trình đào, đối với các cọc khoan phải tiến hành thử nghiệm ở đợt khoan đầu tiên để biết trước được xu hướng có khả năng thay đổi đặc tính của dung dịch và trên kết quả thí nghiệm sẽ điều chỉnh dung dịch vữa sét cho phù hợp.

*d) Sự tăng và giảm độ nhớt*

Ở nơi mà toàn bộ địa tầng thuần tuý là đất sét thì dung dịch vữa sét không cần thiết. Ở nơi địa chất có chứa đất có độ dính rất cao hay chứa các hạt sét có khả năng hoà tan trong nước, ngay cả trường hợp tiến hành khoan trong nước lã thì độ nhớt của dung dịch trong hố đào đôi khi tăng lên rất lớn.

Trong trường hợp như vậy, cần phải bổ sung nước vào trong hố đào để duy trì độ nhớt thích hợp và nếu thấy không đủ, thì cho trộn thêm chất phụ gia phân tán vào để giảm độ nhớt.

Trong trường hợp độ nhớt của dung dịch trong hố đào tăng lên không bình thường và không trở lại được độ nhớt ban đầu thì dù có qua xử lý nói trên đi chăng nữa, vẫn phải dừng công việc đào lại để thay đổi hoàn toàn dung dịch trong hố đào. Khi các hạt cát bị trộn vào trong dung dịch vữa sét thì độ nhớt sẽ giảm. Ngược lại trọng lượng riêng sẽ tăng lên, hiện tượng này nhất định xảy ra trong quá trình đào. Vì vậy thành phần hạt cát phải được lấy đi càng nhiều càng tốt trong quá trình đào hố và dung dịch phải đạt đúng tiêu chuẩn của thí nghiệm theo thiết kế yêu cầu.

*3.3.3.3.3. Sử dụng lại dung dịch vữa sét*

Móng cọc sẽ được làm sạch theo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật, một cái bơm vòi mềm được nối với ống đổ bê tông dưới nước. Điều kiện của bentonite được kiểm tra có thể chấp nhận được và phải phù hợp với các tiêu chuẩn chỉ rõ. Dung dịch bentonite được bơm ra từ lỗ khoan (trong khi làm sạch và trong khi đổ bê tông) sẽ được bơm vào thùng chứa hoặc bể chứa. Nó sẽ được lắng cát trong bể lắng. Trước khi sử dụng lại, các tiêu chuẩn đã được chỉ rõ phải được kiểm tra. Ngay trước khi lắp đặt lồng cốt thép, độ sâu của cọc khoan nhồi sẽ được kiểm tra lại bằng dây đo và quả nặng tỷ trọng 1,4.

Nhờ việc kiểm tra và điều chỉnh thích hợp và theo quy định, cho nên có thể sử dụng lại nhiều lần dung dịch vữa sét trong một thời gian khá lâu.

Tuy nhiên dung dịch bị nhiễm xi măng và không thể điều chỉnh được nữa (dù có dùng chất phân tán) thì phải loại bỏ.

Trong trường hợp như vậy, dung dịch vữa sét chỉ được sử dụng một hay hai lần, có nghĩa là việc kiểm tra và điều chỉnh không được thực hiện thích hợp.

Nếu dung dịch vữa sét được sử dụng trong điều kiện được kiểm tra đầy đủ thì có thể sử dụng trong thời kỳ dài khoảng 6 tháng.

### 3.3.4. Công tác kiểm tra và vệ sinh lỗ khoan

- Kiểm tra độ thẳng đứng của thành hố khoan: Với chiều cao cần và mũi cắt h = 3,5m, vì vậy khi thành hố khoan bị nghiêng tức là thân cần khoan cũng bị nghiêng theo và nó sẽ kéo dây treo cần lệch theo vì vậy việc kiểm tra này là kiểm tra độ nghiêng của dây treo cần và cần khoan.

- Kiểm tra đường kính lỗ khoan: Nếu có gì nghi ngờ về đường kính lỗ khoan ta dùng chính mũi cắt đó và thả từ trên xuống đến đáy lỗ khoan mà không vướng gì thì coi như được.

- Vệ sinh lỗ khoan: Việc vệ sinh lỗ khoan có dùng bentonite giữ vách là công việc phải hết sức cẩn thận, phải thay thế dung dịch trong lòng cọc nhiều lần, đồng thời việc làm vệ sinh lỗ khoan phải nhanh, nếu kéo dài việc làm vệ sinh lỗ khoan thì sẽ không giữ được thành lỗ khoan.

- Kiểm tra độ sạch của lỗ khoan: Độ sạch của lòng cọc hầu như được phản ánh bằng độ sạch của dung dịch bentonite khi chưa lắng, như vậy muốn kiểm tra độ sạch của cọc ta chỉ cần kiểm tra tỷ trọng của dung dịch vữa bentonite trong lòng hố khoan, việc kiểm tra này như sau: Dùng một dụng cụ đo tỷ trọng (tỷ trọng kế) đo dung dịch vữa bentonite được bơm từ trong lòng cọc ra, nếu tỷ trọng dung dịch này bằng tỷ trọng của dung dịch vữa bentonite được pha chế như lúc đầu bơm vào hố khoan thì coi như công việc vệ sinh lỗ khoan đã đạt yêu cầu, nếu tỷ trọng đo được mà lớn hơn tỷ trọng của dung dịch vữa bentonite lúc đầu thì công việc vệ sinh lỗ khoan chưa đạt yêu cầu. Qua thực tế đã thực hiện tại hiện trường, dung dịch vữa bentonite pha chế để bơm vào lỗ khoan là 1,05 $g/cm^3$ và như vậy sau khi vệ sinh lỗ khoan thì tỷ trọng của dung dịch vữa đo được cũng đạt 1,05 $g/cm^3$.

### 3.3.5. Công tác thí nghiệm thực tế

#### *3.3.5.1. Ổn định chống sự phân tầng*

Khi dung dịch vữa sét để riêng rẽ do ảnh hưởng của trọng trường sự phân ly xuất hiện trong nước và các chất khác, ta thấy rõ hiện tượng có một phần dung dịch trên và một phần dung dịch dưới có tỷ trọng khác nhau, hiện tượng này sẽ tiến triển theo thời gian.

*a) Sự tách nước*

Mẫu dung dịch vữa sét trong bình hình trụ thuỷ tinh và giữ trong khoảng 10 giờ. Nếu không quan sát thấy sự tách nước ở phần trên của dung dịch thì có thể xem như tính chất ổn định đối với phân tầng là đảm bảo. Còn nếu thấy sự tách nước xuất hiện thì dung dịch xem như chưa đạt yêu cầu. Tuy nhiên nếu nước bị tách trong khoảng 5% trên toàn bộ chiều cao thì vẫn dùng được với sự thận trọng cần thiết.

*b) Thí nghiệm độ chênh tỷ trọng giữa dung dịch phần trên và phần dưới*

Đối với dung dịch sau khi đã tiến hành thí nghiệm tách nước, cần tiến hành thí nghiệm sau:

Sau khi để dung dịch khoảng 1 giờ, 30% dung dịch tầng trên sẽ được đo tỷ trọng, tiếp theo là 30% dung dịch tầng dưới cũng được tiến hành tương tự. Nếu không có sự chênh nhau giữa tỷ trọng của 2 mẫu này thì dung dịch xem như có thể sử dụng.

### *3.3.5.2. Trọng lượng riêng*

Trọng lượng riêng của dung dịch vữa sét có thể được đánh giá bằng thiết bị cân bùn (hình vẽ). Nếu tỷ trọng của dung dịch vữa sét tăng lên thì độ chênh cần thiết về tỷ trọng giữa dung dịch và bê tông trộn sẵn sẽ không đủ và việc đổ bê tông không thể thực hiện được hay làm cho công tác đổ bê tông rất thất thường.

Nói chung tỷ trọng vữa sét thay đổi theo tính chất và nồng độ bentonite. Vì tính chất của bentonite thay đổi theo loại và nơi khai thác. Trước khi dùng cần phải khẳng định chính xác đặc trưng của nó. Trong khi khoan do sự hoà tan của bùn khoan vào trong dung dịch cho nên tỷ trọng có xu hướng tăng lên và chắc chắn sẽ vượt quá trị số tỷ trọng nói trên. Nói cách khác tỷ trọng dung dịch cao, có nghĩa là nó chứa nhiều hạt đất. Muốn ngăn ngừa ảnh hưởng bất lợi đến việc khoan, cố gắng duy trì tỷ trọng thấp liên tục. Điều này có nghĩa là việc hoà tan ít các hạt đất vào trong dung dịch và khả năng hình thành được một màng bảo vệ mỏng và khoẻ. Tỷ trọng phù hợp dùng cho dung dịch vữa sét khác nhau tuỳ theo các đặc trưng của địa tầng. Tỷ trọng thực tế thay đổi từ 1,02 - 1,2 và tốt nhất ở giá trị 1,15. Điều đó có nghĩa là sự cân bằng thích hợp tỷ trọng giữa dung dịch vữa sét và bê tông trộn sẵn, xong có một ý nghĩa lớn đến công tác đổ bê tông có đạt kết quả hay không.

### *3.3.5.3. Độ nhớt*

Để đo độ nhớt người ta dùng phễu đo độ nhớt. Số lượng đo ở Nhật là 500cc, nhưng ở một số nước khác là 946cc. Phương pháp đo như sau: Cho 500cc dung dịch vữa sét vào trong phễu, lấy ngón tay bịt miệng ra của phễu, bỏ ngón tay ra rồi đo thời gian (bằng giây) cần thiết để chảy hết khối lượng vữa, thời gian đó biểu thị độ nhớt phễu 500cc/ 500cc.

Độ nhớt đo được của nước lã trong phễu nếu là 19 giây ở 21°C, do đó độ nhớt của dung dịch vữa sét sẽ vượt quá 20.

### *3.3.5.4. Thí nghiệm ép thấm*

Khả năng của dung dịch tạo ra màng bảo vệ sẽ được đo bằng thí nghiệm ép thấm.

Phương pháp xác định:

Lưới thép mịn và giấy thấm được bố trí lần lượt theo quy định ở đáy của hộp hình trụ chứa dung dịch (hộp bùn), trong hộp bùn sẽ đổ hơn 290cc dung dịch. Hộp bùn phải được giữ kín không cho lọt khí vào cho ép đến áp suất 3kG/cm$^2$ trong 30 phút. Lượng lọc qua từ hộp bùn đi vào ống nghiệm đo hình trụ được đo bằng cc và xác định trạng thái và độ dầy của màng bùn trên giấy lọc được tính đến 2 số lẻ thập phân).

Nói chung, dung dịch ổn định vách được cho là tốt nếu lượng lọc là 10cc và chiều dầy của màng bùn nhỏ hơn 1,5mm. Màng bùn phải mịn đều và không bị rạn nứt do tác động cơ học, điều đó nói lên màng là đáng tin cậy. Ngoài ra khi màng bùn là mỏng thì lượng thấm coi là ít. Với giá trị tương ứng 15cc và 2,0mm là giá trị giới hạn. Cần điều chỉnh chất lượng dung dịch nếu như một hoặc cả hai giá trị trên vượt giá trị giới hạn.

Để tiến hành thí nghiệm được giản đơn, đôi khi thời gian áp lực giảm đến 15 phút hoặc 7,5 phút. Trong trường hợp đó, khối lượng thấm sẽ được nhân lên 1,5 lần khi thí nghiệm 15 phút và 2 lần khi thí nghiệm là 7,5 phút, để thu được giá trị của 30 phút.

### *3.3.5.5. Đo độ pH*

Độ pH của dung dịch nói chung từ 8 - 10. Khi bê tông tươi bị trộn vào trong dung dịch, giá trị pH sẽ tăng lên. Bằng sự đo độ pH người ta có thể nhận ra sự hỏng của dung dịch do sự trộn lẫn của xi măng. Do sự tăng pH nên dung dịch bị keo hoá và giá trị giới hạn của pH không được vượt quá 12. Có thể cải thiện sự nhiễm xi măng của dung dịch khi dung dịch trộn với bê tông bằng cách trộn với FCL.

### *3.3.5.6. Số lần thí nghiệm cần thiết để kiểm tra dung dịch*

Nguyên tắc cơ bản kiểm tra dung dịch là trộn nó thoả mãn được các tính chất của dung dịch phù hợp với trạng thái của đất và điều kiện thi công

*a) Vị trí lấy mẫu*

Các mẫu thí nghiệm phải lấy ở chỗ thể hiện được các tính chất của toàn bộ dung dịch đem sử dụng. Khi pha trộn dung dịch, lấy mẫu ở ngay miệng chảy ra của máy trộn và nếu dung dịch được sử dụng nhiều lần thì phải lấy mẫu ở những bể chứa dung dịch, đồng thời có thể lấy mẫu ở lỗ khoan trước khi đổ bê tông.

*b) Số lần thí nghiệm*

1) Ổn định chống hiện tượng do trọng lực gây ra:

+ Sau khi pha trộn dung dịch xong phải thí nghiệm.

+ Khi dung dịch được để riêng một mình trong một khoảng thời gian.

2) Thí nghiệm tỷ trọng và độ nhớt:

+ Trước khi khoan.

+ Ngay sau khi khoan.

+ Trong khi khoan (1 - 2 lần/ ngày)

+ Ngay trước khi đổ bê tông.

+ Ngay sau khi đổ bê tông.

+ Sau khi mưa.

+ Khi cụ thể cần thiết phải làm.

3) Thí nghiệm nén lọc:

+ Cứ 1 hay 3 ngày một lần.

+ Nếu thông qua kết quả thí nghiệm 1, 2 hay 4 xét thấy cần thiết phải làm.

4) Độ pH:

+ Ngay trước khi đổ bê tông.

+ Ngay sau khi đổ bê tông xong.

+ Khi thấy cần phải thí nghiệm do lý do nào đó.

*c) Việc ghi chép*

Ngoài việc kiểm tra dung dịch để xác định chất lượng, còn phải ghi chép kết quả các đánh giá nói trên để xác định sự thay đổi so với giá trị có trước và nghiên cứu nguyên nhân, tìm biện pháp xử lý cần thiết.

**Bảng 3.8: Mẫu ghi chép thí nghiệm dung dịch (ví dụ)**

| Ngày thí nghiệm | Chỗ lấy mẫu | Chế độ công tác | Tỷ Trọng | Độ nhớt (giây) | Thí nghiệm nén cọc | | Các xác minh khác |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lượng lọc (cc) | Đóng bánh (mm) | |
| | | | | | | | |

### 3.3.6. Công tác cốt thép

- Khung cốt thép sẽ được sản xuất theo đúng bản vẽ có thể hàn để đảm bảo độ cứng của khung thép và tránh mọi nguy hiểm khi nâng, nhấc. Chiều dài của lồng cốt thép được sử dụng phù hợp để tránh các mối nối không cần thiết, lồng cốt thép được sản xuất trước và được đưa xuống lỗ khoan bằng cẩu. Con kê bê tông sẽ được sử dụng phù hợp với tiêu chuẩn kỹ thuật trong bản vẽ, con kê sẽ được đặt đúng vị trí như đã chỉ ra trong bản vẽ.

- Toàn bộ chiều dài cọc lớn hơn 80m vì thế việc thiết kế cốt thép cho cọc đã phù hợp với toàn bộ chiều dài cọc, được phân thành nhiều đoạn. Sau khi đã vệ sinh hố móng xong công việc lắp đặt cốt thép phải được tiến hành ngay, và việc uốn, buộc cốt thép thành từng đoạn phải được tiến hành từ trước.

- Hạ lồng cốt thép: Toàn bộ chiều dài lồng cốt thép cọc được chia làm 8 đốt, khi lắp đặt, ta đặt từng đoạn một vào hố móng và đoạn đó được treo trên một đòn gánh gác qua đỉnh ống vách, tiếp tục đặt các đốt trên và liên kết với các đốt dưới bằng mối nối hàn, công việc hạ các lồng cọc này cứ thế cho đến khi đốt trên cùng được treo vào giá đỡ là kết thúc công việc hạ lồng cốt thép (Xem bản vẽ chi tiết mối nối cốt thép cọc). Sau khi nối toàn bộ chiều dài cốt thép cọc thì cốt thép thân cọc được treo lên một lồng cốt thép thi công, cốt thép cọc không được chạm xuống đáy lỗ khoan. Lồng cốt thép thi công này có chiều dài phụ thuộc vào khoảng cách từ đỉnh ống vách tới đỉnh cốt thép lồng cọc.

Lưu ý gắn các ống nhựa chôn sẵn phục vụ công tác kiểm tra chất lượng cọc sau này. Các ống nhựa chôn sẵn trong bê tông được liên kết với từng đốt của lồng cốt thép cọc, các ống này được giữ bởi các vòng thép Φ12, các vòng thép này được buộc chặt vào các cốt đai và cốt chủ của lồng cốt thép cọc, các ống nhựa này được liên kết với các vòng thép phải chắc chắn nhưng phải di chuyển được theo phương thẳng đứng khoảng 25cm trước khi hạ lồng

cốt thép cọc xuống lỗ khoan. Sau khi đã đặt các đốt cốt thép lòng cọc vào lỗ khoan phải cố định chặt các ống nhựa kiểm tra vào lồng cốt thép cọc rồi mới hạ lồng cốt thép xuống lòng cọc, (lưu ý khi hạ lồng cốt thép tới đâu phải bơm nước vào ống nhựa tới đó).

### 3.3.7. Công tác sản xuất bê tông và cung cấp bê tông

Việc đổ bê tông chỉ được tiến hành khi có đầy đủ điều kiện để vận chuyển bê tông ở hiện trường và đảm bảo liên tục. Bê tông phải được đảm bảo không đông kết 12 tiếng ở hiện trường. Việc không đông kết của bê tông trong 12 tiếng được yêu cầu để tránh các vấn đề kỹ thuật trong việc đổ bê tông và rút ống vách. Đầu ống đổ bê tông phải được chìm trong bể mặt bê tông ít nhất 2m trong suốt thời gian đổ. Bê tông được trộn theo tiêu chuẩn phù hợp, cỡ lớn nhất của cốt liệu không được vượt quá 25mm hoặc 2/3 khoảng trống nhỏ nhất của thanh cốt thép và phải phù hợp với khả năng của máy bơm bê tông.

#### *3.3.7.1. Sản xuất bê tông*

- Dùng trạm trộn bê tông có năng suất thiết kế 60 $m^3/h$.

- Tất cả các vật liệu cấu thành bê tông phải hoàn toàn tuân thủ theo quy định hiện hành với TCVN 1770-86 và TCVN 4453-1995 hoặc các quy trình tương đương:

+ Xi măng: Dùng xi măng Pooc-lăng PC30 hoặc PC40 phù hợp với các tiêu chuẩn hiện hành TCVN 2682-1992.

+ Cát: Dùng cát vàng hoặc cát có modul $\geq$ 2,5 và theo quy định về vật liệu xây dựng TCVN 4453-1995 hoặc các tiêu chuẩn tương đương.

+ Đá: Dùng đá có thành phần hạt cấp phối liên tục $D_{min} = 5 \div D_{max} = 25$mm, phải phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 4453 : 1995 và các quy trình tương đương hiện hành.

+ Nước: Nước ăn được là nước dùng được cho bê tông và phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 4506 : 1987.

+ Phụ gia: Phụ gia dùng cho bê tông nhằm hai mục đích chính:

* Tăng tính công tác của bê tông (tăng độ sụt mà giữ nguyên được tỷ lệ N/X).

* Kéo dài thời gian ninh kết của bê tông để phù hợp với khả năng cung cấp bê tông.

Việc sử dụng phụ gia phải tuân theo hướng dẫn của nhà sản xuất phụ gia.

Yêu cầu phụ gia không được chứa các tạp chất có thể ăn mòn cốt thép, làm ảnh hưởng đến tuổi thọ của bê tông cũng như tuổi thọ của công trình.

+ Thiết kế tỷ lệ cho bê tông phải thoả mãn các điều kiện sau:

* Độ sụt của bê tông trước khi vào ống dẫn $\geq$ 16-18cm.

* Độ nhuyễn của bê tông phải đảm bảo cho bê tông đổ theo chiều sâu ống lớn hơn 80m mà không bị phân tầng, cũng như trong suốt quá trình vận chuyển bê tông.

* Tỷ lệ Nước / Xi măng ( N/X ) $\leq$ 0,45

* Bê tông có thời gian sơ ninh tối thiểu 12 giờ (không tính thời gian vận chuyển từ nơi khác đến).

* Mác bê tông đổ dưới nước phải cao hơn mác thiết kế 30%. Như vậy ở đây mác thiết kế cho bê tông cọc trong phòng thí nghiệm sẽ dùng mác M390.

+ Trộn bê tông:

* Bê tông phải được trộn từ trạm trộn có công suất đảm bảo cho khối lượng đổ bê tông cọc.

* Thời gian trộn bê tông từ 60 - 90 giây.

* Cân đong vật liệu bằng hệ thống cân chuẩn xác.

* Độ sụt của cùng một mẻ trộn phải đồng nhất, độ sụt của các mẻ trộn chênh nhau không quá 2cm.

* Trong quá trình trộn bê tông phải luôn theo dõi độ sụt của bê tông bằng dụng cụ đo độ sụt. Công việc đo độ sụt phải tiến hành từ các mẻ trộn đầu tiên cho đến lúc độ sụt ổn định.

***3.3.7.2. Cung cấp bê tông***

- Công việc cung cấp bê tông có thể có nhiều biện pháp:

+ Dùng xe Mix vận chuyển bê tông từ trạm trộn đến máy bơm bê tông đặt gần cọc. Biện pháp này thường dùng với chiều dài đường vận chuyển > 400m. Trong biện pháp này phải tính khối lượng cho từng đợt đổ bê tông mà phải bố trí số lượng xe Mix cho phù hợp.

+ Đối với cự ly từ trạm trộn đến vị trí đổ bê tông < 400m nên bố trí trạm bơm bê tông tại trạm trộn để cung cấp bê tông cho cọc.

- Việc đổ bê tông cọc phải thực hiện theo công nghệ đổ bê tông trong nước:

+ Dùng loại ống dẫn thẳng đứng để đưa bê tông xuống (ống Tremie).

+ Ống đổ bê tông phải có đường kính 250mm, được nối thành nhiều đoạn 2m, 3,5m, 5m các ống được nối với nhau bằng mộng âm dương, mộng dương là chốt bằng sợi dây cáp mềm Φ10 và ống này được hãng Bauer sản xuất chuyên dùng cho công tác đổ bê tông dưới nước. Ống đổ bê tông phải đủ dày để với chiều sâu cọc lớn hơn 80m mà ống không bị bóp méo.

+ Các mối nối của ống Tremie phải dễ tháo lắp để thời gian tháo lắp là nhỏ nhất. Việc nâng hạ ống được thực hiện bằng cần cẩu.

+ Phễu chứa bê tông:

* Thể tích phễu chứa bê tông phải tính toán chứa đủ bê tông suốt chiều dài cọc

* Độ nghiêng thành phễu phải đảm bảo bê tông dồn vào trong thành ống do tải trọng bản thân của bê tông, thường làm độ nghiêng từ 1:1 đến 1:2

+ Cầu ngăn nước thường dùng bằng loại vật liệu mềm, dễ biến dạng như: cao su, xốp không thấm nước và có tỷ trọng nhỏ hơn 1 để nó tự nổi lên khỏi mặt nước khi ra khỏi ống Tremie. Cầu ngăn nước luôn vít kín chu vi thành ống nhưng không thể bị mắc kẹt trong mọi trường hợp. Phía mặt trên của cầu ngăn nước luôn tiếp xúc với bê tông. Ở đây dùng xốp vụn D = 2cm đổ lớp xốp dày 50cm vào một túi và cho vào ống đổ bê tông.

+ Năng suất đổ bê tông bình quân phải đảm bảo từ 30 - 40$m^3$/h.

+ Tiến hành đổ bê tông trong nước:

* Trước khi đổ bê tông phải tưới nước ướt 100% phía trong ống dẫn bê tông và gầu chứa.

* Với thể tích gầu chứa bê tông đã được tính toán là 3,0$m^3$/gầu, bê tông được chứa đầy trong gầu chứa, sau đó mở nắp gầu, bê tông chảy thành dòng liên tục vào ống đẩy nút xốp xuống và bê tông chiếm chỗ trong ống, tiếp ngay sau đó liên tục cấp bê tông bằng máy bơm (công suất máy bơm 80$m^3$/h), đây là điều kiện quyết định nước không lọt vào ống đổ bê tông. Trong suốt quá trình đổ bê tông trong nước phải luôn duy trì cho độ sụt bê tông từ 16-18cm và đáy ống luôn nằm dưới cao độ mặt bê tông khoảng 2m ÷ 4m. Trong quá trình đổ bê tông phải luôn kiểm tra cao độ mặt bê tông để xác định tốc độ dâng bê tông trong lỗ khoan phải phù hợp với tốc độ cung cấp bê tông. Trong quá trình đổ bê tông cần cố gắng giữ vị trí ống đổ bê tông luôn trùng với tim cọc.

* Lưu ý 3 mẻ trộn đầu tiên để cho đầy gầu chứa, phải trộn bê tông với độ sụt lớn hơn lúc đổ bê tông bình thường (lấy độ sụt từ 20 - 22cm).

* Để kiểm tra cao độ mặt bê tông trong lòng cọc phải chế tạo một dụng cụ đặc biệt: Dùng một quả nặng với tỷ trọng khoảng 1,4 buộc vào một dây và thả xuống lỗ khoan, trên dây đó có vạch các số đo 1m; 0,1m.

* Trong suốt thời gian đổ bê tông lưu ý không được cho bê tông rớt xuống lỗ cọc.

* Việc chọn công suất cho trạm trộn bê tông căn cứ vào khối lượng bê tông của mỗi cọc và thời gian sơ ninh của bê tông: Máy bơm bê tông có công suất thiết kế 60$m^3$/h.

* Việc kiểm tra cao độ bê tông trong lòng cọc và kiểm tra cao độ đáy ống đổ bê tông: Việc này phải làm rất chi tiết và cẩn thận, phải có nhật ký theo dõi thường xuyên quan hệ về cao độ của bê tông và đáy ống. Trước khi rút ống đổ bê tông để tháo bớt ống phải xác định chắc chắn bước ống đổ, đáy ống đổ bê tông luôn ngập trong bê tông lớn hơn 2m.

* Trong quá trình cấp bê tông dung dịch bentonite sẽ trào ra, ta phải dùng một máy bơm, bơm hồi chúng về bể lắng để dùng lại.

* Quy định lấy mẫu bê tông hiện trường: Số lượng mẫu là 4 tổ mẫu: một tổ cho 7 ngày, một tổ cho 14 ngày, một tổ cho 28 ngày và một tổ dự phòng.

Lưu ý:

- Nếu độ sụt không đúng không được phép bơm vào cọc, cấm thêm nước tuỳ tiện vào bê tông tươi.

- Sau mỗi mẻ bê tông phải đo đạc và ghi chép quan hệ giữa lượng bê tông và cao độ mặt bê tông để đánh giá tình trạng lỗ khoan tại các cao độ và tình trạng chung của cọc sau khi đã đổ xong bê tông.

- Thời gian gián đoạn đổ bê tông không được phép vượt quá thời gian duy trì độ linh động của bê tông tươi theo thiết kế tính từ khi xả ở máy trộn đến khi bê tông nằm trong lòng cọc, do đó cần khống chế chặt chẽ thời gian vận chuyển bê tông.

### 3.3.7.3. Chất lượng bê tông

** Yêu cầu chung:*

- Phải có sức bền và không bị phân ly.
- Tính dẻo cao và kết cấu tốt.
- Độ linh động cao.
- Khả năng chịu nén tốt.
- Đủ khả năng linh động trong suốt thời gian làm việc bao gồm cả việc rút ống vách tạm thời.

** Tiêu chuẩn chung:*

Trước khi bắt đầu công việc, phải tiến hành thí nghiệm trong phòng để kiểm tra tỷ lệ trộn phù hợp, đảm bảo cường độ thiết kế và các tính năng khác phục vụ thi công.

- Tỷ lệ nước/xi măng N/X < 0,45
- Phạm vi độ sụt từ 160 - 200mm.
- Lượng xi măng > 375 kg/m$^3$ (Đổ trong điều kiện ngập nước).

## 3.3.8. Kiểm tra chất lượng

Công tác thử tải cọc sẽ được trình bày riêng trong Chương 5.

Để kiểm tra chất lượng cọc có nhiều biện pháp, hiện nay đang dùng biện pháp sau:

- Dùng tia γ để xác định phân bố mật độ bê tông nhằm đánh giá sự đồng nhất của bê tông (hoặc thăm dò bằng âm thanh - biện pháp Sonique).
- Khoan lấy mẫu bê tông, xác định cường độ bê tông.

Bảng sau đây tóm tắt các công việc cần kiểm tra và thời điểm tiến hành kiểm tra:

**Bảng 3.9**

| Công việc | Kiểm tra | Mục đích | Thời điểm công việc |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| *Kiểm tra để bắt đầu công việc* | | | |
| Hệ trục chính | Khảo sát | Định vị cọc | Bắt đầu công việc |
| Công việc sàn đạo | Khảo sát, kiểm tra bằng mắt | Cao độ bằng phẳng, chắc chắn | Từng khu vực thi công |
| Định vị cọc | Khảo sát, đo như miêu tả ở trên | Độ lệch | Các cọc |
| *Kiểm tra việc đào đất* | | | |
| Ống vách | Đường kính | Phù hợp với thiết kế | Từng cọc |
| Điều kiện và kích thước của dụng cụ | Kiểm tra bằng mắt | Đầy đủ | Tiếp theo |
| Lắp đặt ống vách | Đo | Sự vững chắc của máy khoan | Tiếp theo |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Vật liệu đào lên | Kiểm tra bằng mắt | Nhận biết các tầng đất và sự thay đổi địa tầng | Tiếp theo |
| Độ sâu của cọc | Đo độ sâu | Đạt được độ sâu quy định | Từng cọc |
| Làm sạch đáy cọc | Đo chiều sâu, độ lắng đọng của mùn và $\gamma_{dd}$, % cát | Làm sạch | Từng cọc |
| *Kiểm tra sự ổn định của thành vách* | | | |
| Cung cấp, kho chứa | Kiểm tra | Cung cấp đủ cho sử dụng | Tiếp theo |
| Cao độ của cọc khoan | Kiểm tra | Sự ổn định của lỗ khoan | Tiếp theo |
| Thời gian ngắt quãng | Kiểm tra độ nhớt, hàm lượng cát, độ pH | Phù hợp với tiêu chuẩn kỹ thuật | Từng cọc |
| *Kiểm tra cốt thép* | | | |
| Phân phối vật tư | Kiểm tra tài liệu và kích thước | Cho phù hợp | Từng đợt |
| Gia công lồng thép | Kích thước, kiểu cách giữa các thanh thép và độ cứng của lồng thép | Cho phù hợp | Từng lồng thép |
| Con kê | Vật tư, cỡ, số lượng | Cho phù hợp | Từng khung thép |
| Lắp đặt lồng thép | Khảo sát, đo | Không bị lệch khi lắp dựng | Từng lồng thép |
| *Kiểm tra bê tông tươi* | | | |
| Cung cấp liên tục | Kiểm tra | Việc đổ bê tông được liên tục | Trước khi đổ |
| Bê tông:<br>- Loại<br>- Thành phần | Cung cấp tài liệu | Cho phù hợp | Từng xe |
| Độ đông kết | Độ sụt | Phù hợp với khả năng làm việc | Từng xe hoặc $10m^3$ một |
| *Kiểm tra việc đổ bê tông* | | | |
| Ống đổ bê tông | Kiểm tra bằng mắt | Sạch, kín nước | Từng ống trước khi lắp |
| Thành phần các đoạn ống | Kiểm tra | Chuẩn bị cho sử dụng lại | Từng bộ của một cọc |
| Chiều dài ống đổ bê tông | Đo | Tránh sự không liên kết | Từng cọc |
| Ống ngập trong bê tông trong khi đổ | Kiểm tra độ sâu của bê tông so với chiều dài ống | Tránh phân ly, tránh nhiễm bẩn bê tông | Tiếp theo |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Ngập ống vách | Kiểm tra độ sâu của bê tông so với mũi ống vách | Tránh bị kẹt, tránh phân ly | Tiếp theo |
| Cao độ đổ bê tông | Đo chiều sâu | Phù hợp với độ cao, kể cả phần cắt bỏ | Từng cọc |
| Khối lượng bê tông | So sánh mức tiêu thụ với lý thuyết | Tìm ra khối lượng dư | Từng cọc (nếu có thể) |

### 3.3.9. Các thiết bị sử dụng chủ yếu

- Thiết bị khoan GPS-15
- Thiết bị cung cấp và xử lý vữa sét
- Cẩu KC-25 tấn bánh xích
- Trạm trộn bê tông $60m^3/h$ + 2 máy 900 lít dự phòng
- Máy bơm bê tông cố định $80m^3/h$, 2 máy $40m^3/h$ dự phòng
- Máy hàn, biến thế hàn và kìm hàn: 4 bộ
- Thiết bị xói hút đồng bộ: 1 bộ
- Máy ép khí K9: 2 cái
- Bình nén khí $10m^3$/ cái

## 3.4. CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI CÔNG TRÌNH CẦU MT

### 3.4.1. Vận hành trên sông nước và định vị vị trí thi công cọc

#### *3.4.1.1. Thi công khoan đào đất trong hố móng trên sà lan*

Sà lan chính dùng chở các thiết bị đóng cọc có kích thước (75m × 25m × 4,90m) gắn cứng với sàn thao tác. Sà lan được trang bị với tời dời 2 × 50MT và 2 × 10MT và 2 cọc ống thép dùng để đóng ngàm vào đất giữ sà lan ổn định trên sông nước khi có sóng to gió lớn

#### *3.4.1.2. Cố định sà lan bằng hệ neo*

*Thả các neo cố định sà lan theo các bước sau:*

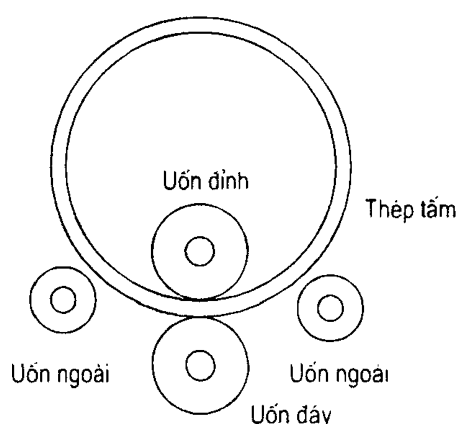
- Sử dụng 3 chiếc tàu kéo công suất 450HP dùng để lai dắt sà lan từ vị trí đậu bên ngoài vào vị trí thi công và đến vị trí thả các neo để cố định sà lan. Sau đó sử dụng tời để điều chỉnh sà lan đến vị trí thi công móng. Dùng cẩu Manitowac 4100 Ringer thả neo số 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 và 8 xuống sông.

- Sau khi hiệu chỉnh vị trí chính xác các neo, dùng búa Mueller 200 hoạt động bằng thủy lực để hạ 2 cọc ống thép đặt vào ở 2 vị trí đầu sà lan xuống đáy sông. Như thế sà lan sẽ được giữ cố định trong suốt quá trình thi công cọc khoan nhồi mà không bị dao động hay chồng chềnh trên sông nước do các tác động sóng vỗ hay mực nước thay đổi.

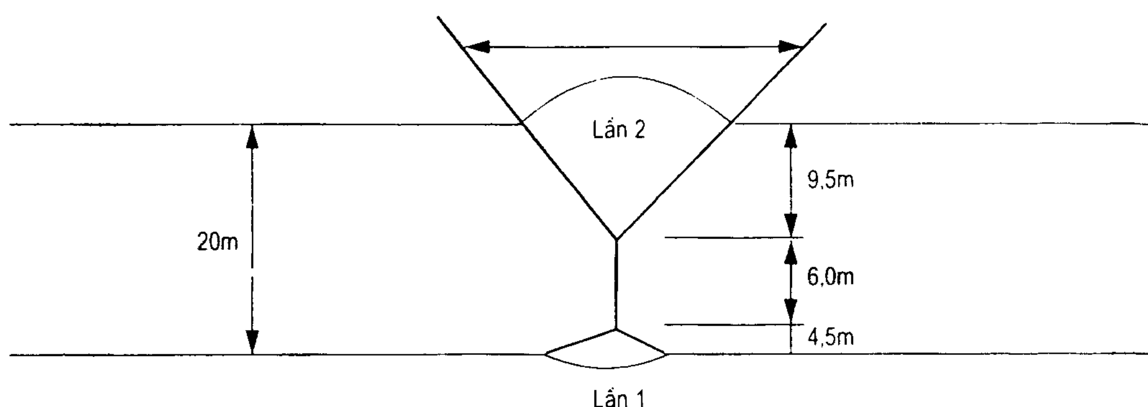
***3.4.1.3. Định vị và lắp dựng ống thép***

*3.4.1.3.1. Chế tạo ống thép*

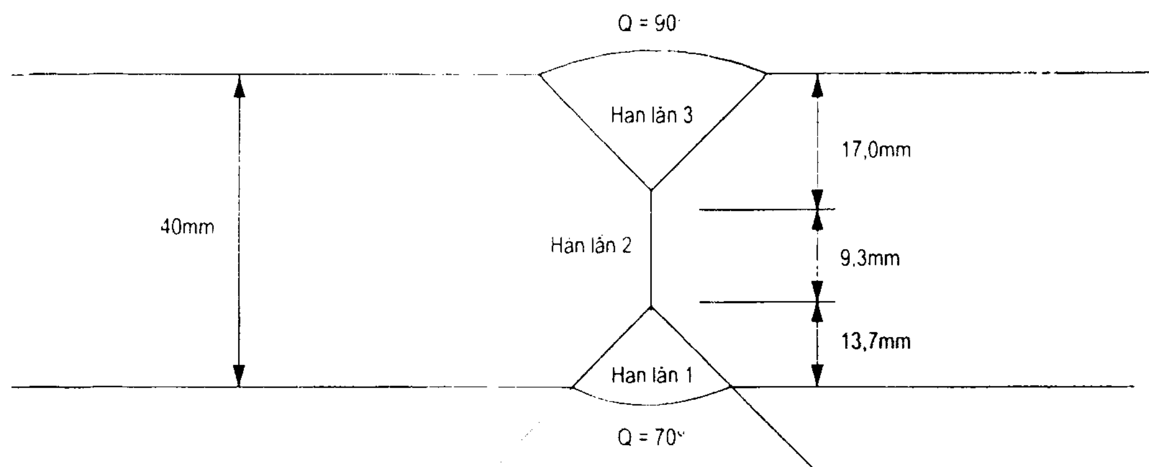
Ống thép cọc khoan nhồi đường kính ϕ2500mm được chế tạo từ thép loại Grade 250. Ống thép được hàn từ các tấm thép có chiều dài 2700mm và uốn tròn bằng phương pháp cuộn tròn nguội, dùng máy uốn Haeusler Plate Roller. Chiều dày các tấm thép ở phần thân ống thép là 20mm, ở phần đế chân ống thép dài 850mm dày 40mm được vát cạnh nhằm mục dích tăng cường độ cứng và sắc trong quá trình hạ ống thép. Các ống thép được chế tạo tại công trường. Các sai số về đường kính ống thép trong quá trình gia công là 0±25mm. Công tác hàn nối có thể tham khảo hình 2-8-a, b, c, d, e. Trước khi hàn thì cả 2 bề mặt ống thép phải được sưởi nhiệt với nhiệt độ 100°C và nhiệt độ này được giữ suốt thời gian hàn. Công tác hàn cắt sử dụng đèn hàn cắt khí oxy-acetylence. Có thể sử dụng một số thiết bị hàn sau đây (máy cấp nguồn Lincoln Idealarc DC -1000, máy kéo tự đẩy Lincoln LT - 7 Tractor, máy hàn tự động Lincoln NA3S Welder.



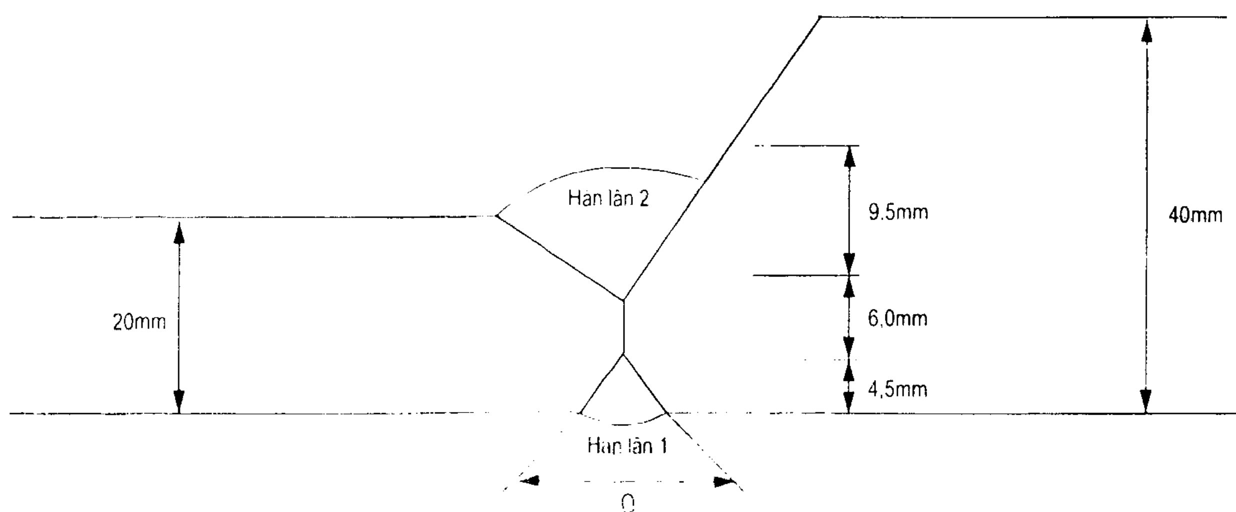

***Hình 3-18a:*** *Uốn tạo vòng tròn toàn bộ ống vách bằng thép*




***Hình 3-18b :*** *Hàn nối thép tấm dày 20mm với 20mm*




***Hình 3-18c** : Hàn nối thép tấm dày 40mm và 40mm*




***Hình 3.18d:** Hàn nối giữa tấm thép có chiều dày 20mm và tấm thép có chiều dày 40mm*

Sau khi đã hàn uốn thành các ống thép có chiều dài theo yêu cầu thì được vận chuyển lên 02 xà lan có trọng tải 800 T kích thước 12m×35m. Khi vận chuyển sử dụng 02 cần cẩu tự hành 49T để cẩu bốc dỡ ống thép lên xuống xà lan. Ống thép được neo cột chặt bằng 2 dây đặt tại vị trí cẩu ống thép. Vị trí neo buộc ống thép là L/4 và 3L/4 (với L là chiều dài ống thép). Cần cẩu sẽ móc vào vị trí dây neo buộc này để cẩu ống thép đặt lên xà lan. Một xà lan tối đa chứa được 7 ống thép trong cùng thời điểm chuyên chở. Tất cả các ống thép sẽ được kê chèn bằng các thanh gỗ để chống biến dạng oằn uốn ống thép trong quá trình vận chuyển.

*3.4.1.3.2. Công tác khảo sát định vị cọc*

Khảo sát lắp dựng ống thép theo các bước sau:

a) Xây 6 trụ mốc khảo sát bằng bêtông, mỗi bờ gồm 3 trụ mốc để thực hiện công tác khảo sát có thể kiểm tra các vị trí liên quan giữa các trụ mốc trên để làm đường chuyền đo nối.

b) Trụ mốc xây tối thiểu ở cao độ khoảng 2m so với mức nước cao nhất để tạo khoảng thông thoáng và giảm chiết suất tương phản trong quá trình khảo sát. Chiều cao trụ mốc tính từ mặt đất khoảng 1,30m vừa tầm ngắm của người khảo sát.

c) Những trụ mốc này sẽ được đo hiệu chỉnh bằng cả 2 kỹ thuật cổ điển và GPS để xây dựng lưới đường chuyền cho chính xác. Hệ thống tọa độ cục bộ sẽ được sử dụng để xác định tim cầu (trục Y) vuông góc với trục tim móng trụ (trục X).

d) Gương/mia sẽ được gắn vào giá cần của kẹp ống thép và vị trí tim ống thép sẽ được xác định.

e) Sau khi xà lan đã được định vị vào vị trí thích hợp, thì vị trí gương/mia phải được xác định bằng góc phương vị và khoảng cách: (1) Từ trụ mốc gốc đến gương và (2) Từ trụ mốc phụ đến gương. Việc bố trí trên cho phép độc lập kiểm tra vị trí tim ống thép trong quá trình thực hiện định vị trí cọc.

f) Trước khi xác định các kích thước và hướng mia đến ống thép, tính số gia tọa độ để so sánh với kết quả khảo sát hàng ngày. Số gia cũng có thể kiểm tra nhanh thông qua số liệu hiện trên máy.

g) Sử dụng hệ thống tọa độ cục bộ, để có thể kẹp dịch chuyển sang trái, phải tiến về phía trước hoặc lùi lại khi cần thiết.

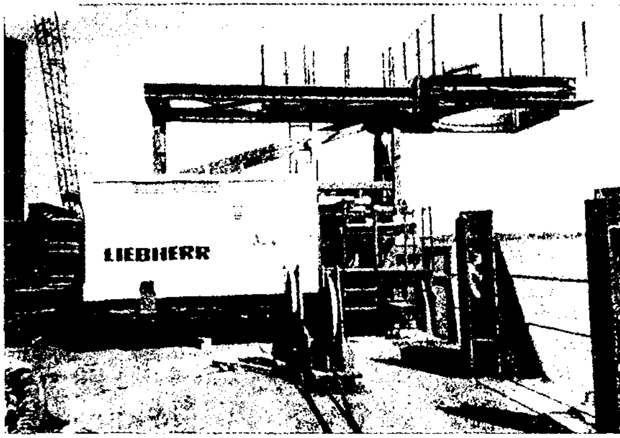
h) Các bước từ f đến bước h sẽ phải lặp đi lặp lại cho đến khi vị trí ống thép đúng theo tọa độ yêu cầu. Trước khi sử dụng búa rung hạ ống thép xuống cần thiết thực hiện việc kiểm tra bổ sung lại để điều chỉnh giá kẹp. Trong suốt quá trình búa rung hạ ống thép cũng sẽ phải thực hiện lại công tác khảo sát để xác định chính xác vị trí ống thép được hạ đúng theo thiết kế.

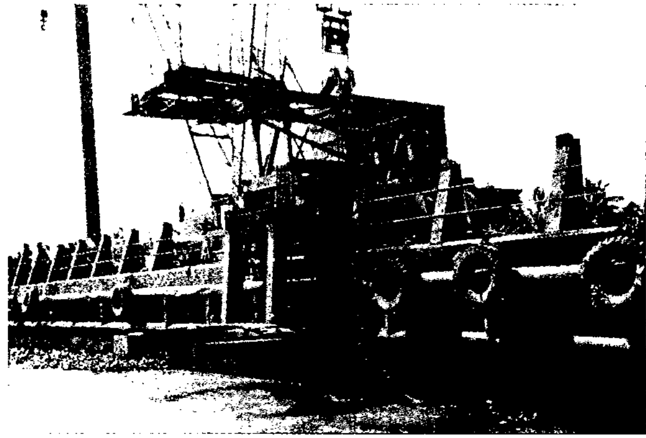
i) Khi ống thép hạ đến cao độ thiết kế cần thiết phải khảo sát lại vị trí cọc, lúc này sử dụng 2 trạm đo cùng một lúc ngắm về 1 gương đặt ở tâm ống thép.

*3.4.1.3.3. Công tác lắp đặt ống thép*

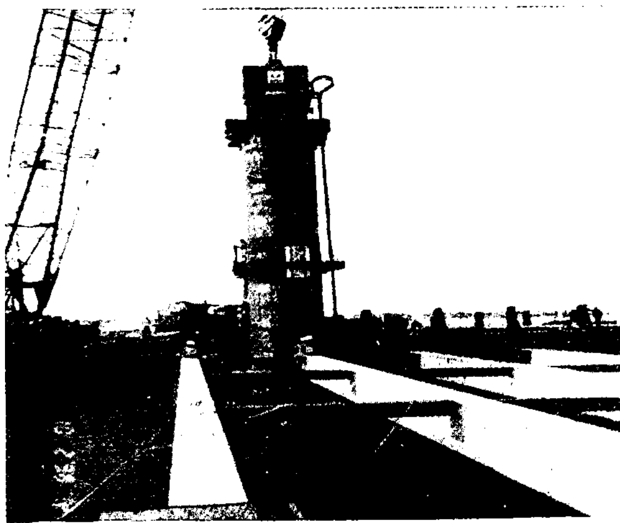
Ống thép có chiều dài 43,50m đường kính ống thép 2500mm, dày 20mm được vận chuyển trên xà lan đến vị trí thi công. Dùng cẩu Manitowac cẩu ống thép theo phương thẳng đứng thông qua vị trí treo cẩu tại đầu ống thép nơi gắn bulông đặc biệt GEWI.

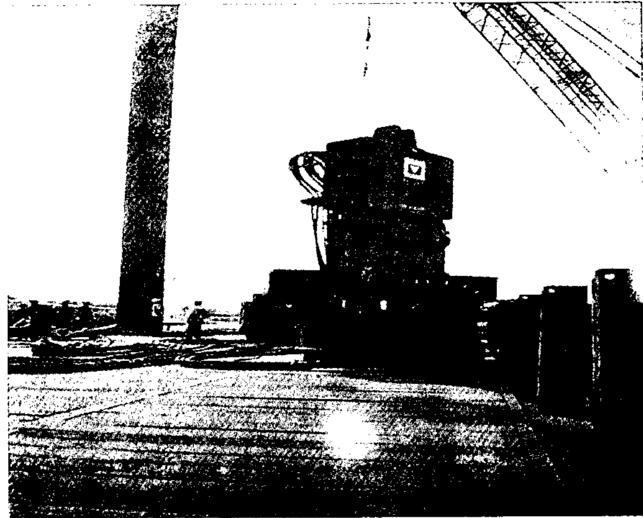
Cẩu Manitowac nhấc ống thép đặt vào kẹp thuỷ lực LEFFER với 2 tầng kẹp. Thiết bị thủy lực sẽ đóng kẹp để đảm bảo ống thép được hạ xuống theo phương thẳng đứng. Sau đó ống thép được hạ dần xuống sông trước khi đầu ống thép đến lớp đất dưới đáy sông thì công tác đo đạc khảo sát độ thẳng đứng của ống thép sẽ phải thực hiện cứ 2m một lần cho đến khi hạ hoàn toàn hết chiều dài ống thép. Kẹp thủy lực LEFFER có thể di chuyển bằng kích thủy lực chạy dọc theo xà lan (vuông góc trục tim cầu) khoảng 2m và dịch chuyển ra vào (song song với trục tim cầu) khoảng 1m.



*Hình 3-19a: Kẹp định vị bằng kích thủy lực LEFFER gắn trên sà lan*





***Hình 3-19b:** Hạ vỏ ống thép bằng búa rung thủy lực Mueller MS 200*

Sau khi xác định chính xác vị trí hạ cọc, ống thép sẽ được hạ dần dần vào trong lớp đất dưới đáy sông bằng trọng lượng bản thân của nó. Công tác kiểm tra lại vị trí cọc và độ thẳng đứng ống thép thực hiện một cách thường xuyên theo từng bước của hoạt động thi công hạ ống vách bằng thép.

Khi với trọng lượng bản thân ống thép không thể tự hạ vào lớp đất dưới đáy sông nữa. Dùng búa rung thủy lực Mueller MS 200 đặt lên ống thép. Với trọng lượng bổ sung của búa khi đặt lên ống thép, thì ống thép tiếp tục lún sâu vào đất một đoạn.

Khi ống thép không bị lún nữa dưới trọng lượng bản thân của búa. thì sử dụng buá rung hạ cọc bằng động cơ thủy lực. Lực búa rung khoảng 400 tấn sẽ hạ ống thép đến độ sâu quy định trong bản vẽ thi công. Khi với lực rung của búa không thể hạ ống thép sâu đến chiều sâu yêu cầu thì đất bên trong ống thép sẽ được đào mang ra khỏi lòng ống thép bằng thiết bị đào gầu ngoạm để giảm ma sát bên trong thành ống thép cho qua lớp đất cứng và sau đó dùng lực rung của búa để hạ ống thép đến chiều sâu thiết kế.

### 3.4.2. Vận hành Bentonite dung dịch giữ thành vách hỗ trợ trong quá trình đào đất hố khoan

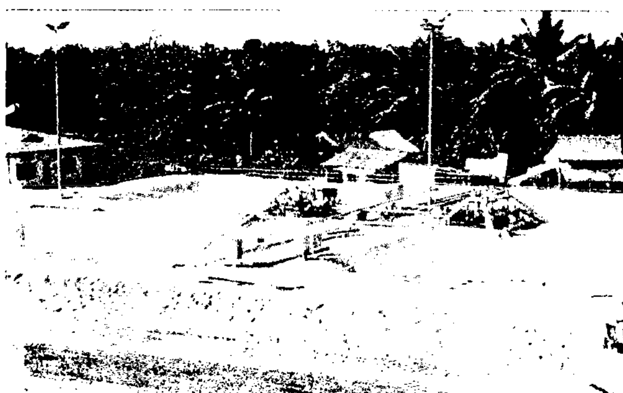
Sự ổn định của thành vách lỗ khoan tùy thuộc vào điều kiện địa chất và nước ngầm mà có thể sử dụng thêm vữa Bentonite. Việc thi công khoan đào đất bên trong hố khoan cọc khoan nhồi bằng gầu ngoạm sẽ làm phá vỡ cấu trúc tự nhiên của các lớp đất trên suốt chiều dài thân cọc đi qua, trong đó sẽ có các lớp đất mềm yếu, rời rạc, cát pha, sét pha .v.v. và hiện tượng cát chảy có thể xuất hiện chảy vào hố khoan làm sạt lở thành vách hố khoan đôi khi gây ra các sự cố nghiêm trọng. Do các yếu tố đặc trưng về địa chất phức tạp của vùng đồng bằng sông Cửu Long như đã nêu ở chương I, cho nên việc thi công tạo lỗ khoan cho cọc khoan nhồi bằng gầu ngoạm để đào đất bên trong cần thiết phải sử dụng dung dịch Bentonite để tạo sự ổn định thành vách.

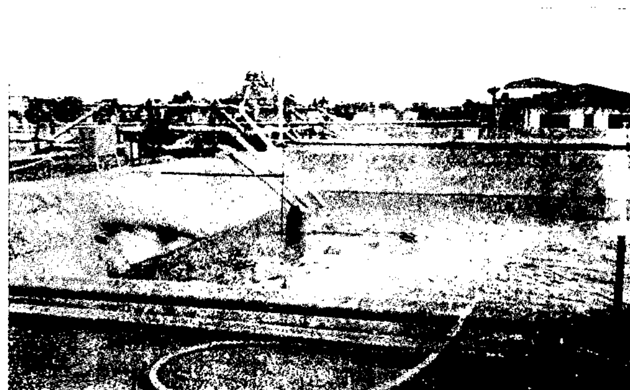
Như đã nêu, phần bên trên hố khoan cọc khoan nhồi sử dụng ống thép làm ống vách giữ ổn định thành vách, trong khi đó phần bên dưới của hố khoan sẽ sử dụng dung dịch Bentonite làm thành vách. Bentonite cũng sẽ được sử dụng trong việc hỗ trợ việc giữ vệ sinh phần đáy hố khoan. Do đó, chức năng chính của dung dịch Bentonite là:

- Giữ ổn định thành vách hố khoan
- Hỗ trợ việc mang các vật liệu đào từ dưới đáy hố khoan.

#### *3.4.2.1. Sơ đồ vận hành trộn Bentonite trong bờ*

Khoảng 1500 bao chứa Bentonite (mỗi bao nặng khoảng 50kg) được chứa ở khu vực kho chứa. Trạm trộn Bentonite bao gồm 2 máy trộn MHS với công suất trộn khoảng 20m$^3$/h cho 01 máy. 02 máy bơm chìm hiệu FLYDT 2151 cung cấp nước từ bồn chứa nước cho máy trộn. Tổng công suất đầu ra 40m$^3$/h đủ cung cấp đầy cho 2 bể đặt máy khuấy trong vòng 01 ngày. Việc khuấy được thực hiện bởi các máy bơm chìm FLYGT HS 3201, phân bổ Bentonite trong bể thông qua miệng ống dẫn. Các máy bơm ly tâm sẽ bơm dung dịch Bentonite từ các bể trong bờ ra vị trí thi công khoan cọc ngoài sông với công suất 70m$^3$/h trong quá trình khoan đào dất hố khoan và công suất đạt cao nhất đến 225m$^3$/h trong quá trình vệ sinh hố khoan.





***Hình 3-20a, b:*** *Bố trí khu vực bể trộn và hoạt động trộn bentonite trong bãi khuấy.*

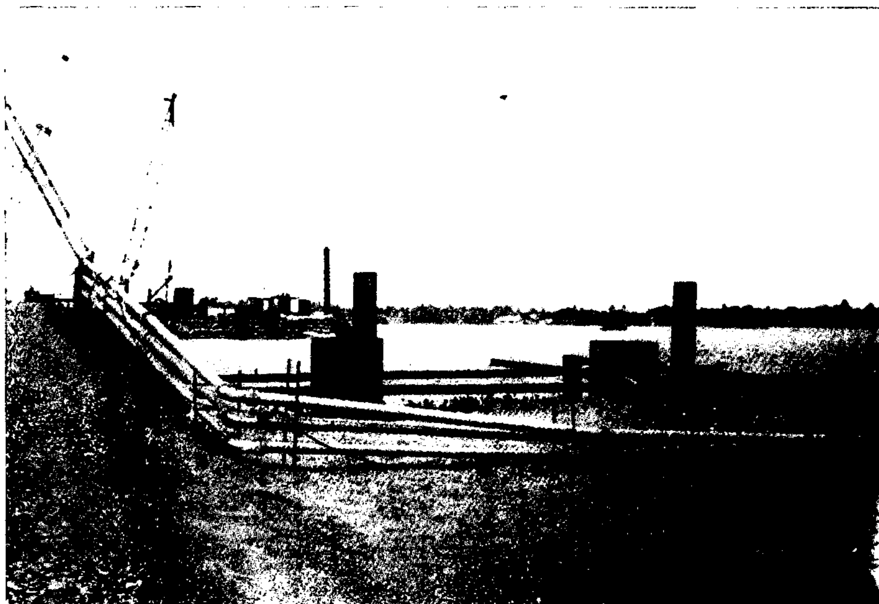
Dung dịch Bentonite bẩn sẽ được thu hồi vào bờ tái chế lọc cát tại khu vực máy lọc cát Desand. Cát được tinh lọc ra khỏi hỗn hợp dung dịch Bentonite bẩn sẽ được xe tải mang đi đổ ở nơi thích hợp. Benonite sau khi tinh lọc từ máy lọc cát sẽ được đưa trở lại bể trộn.

*3.4.2.2. Vận hành Bentonite ngoài sông*

Để phục vụ hoạt động cung cấp và thu hồi Bentonite tại vị trí thi công ngoài sông, sử dụng các ống có đường kính sau đây:

- Một ống nước đường kính 75mm
- Một ống đường kính 200mm dùng để cung cấp Bentonite trong quá trình khoan đào đất trong hố khoan
- Hai ống đường kính 150mm dùng để cung cấp Bentonite trong quá trình vệ sinh hố khoan
- Một ống đường kính 150mm dùng để thu hồi Bentonite sạch
- Một ống đường kính 150mm dùng để thu hồi Bentonite bẩn để tinh lọc

Trong quá trình đào đất trong hố khoan tỷ lệ cung cấp Bentonite sẽ cao hơn một ít so với tỷ lệ đào nhằm đảm bảo rằng mức Bentonite được giữ ở mức yêu cầu.



***Hình 3-20c:*** *Bố trí các ống thép cung cấp và thu hồi Bentonite từ bể trộn trong đất liền ra đến vị trí thi công cọc khoan nhồi ngoài sông*

Các mức Bentonite phải được đảm bảo trong các giai đoạn sau:

- RL + 7,3m trong quá trình đào đến chân cọc.
- RL + 3,5m tại giai đoạn bắt đầu dùng chổi quét để hoàn tất chuẩn bị đổ bêtông, hoặc RL + 1.5m trên mực nước cao nhất nếu như mực nước cao nhất vượt quá RL + 2,0m.

#### *3.4.2.3. Các yêu cầu về dung dịch Bentonite sử dụng trong quá trình khoan đào đất hố khoan*

*3.4.2.3.1. Bentonite sạch*

Các thông số đặc trưng của Bentonite sạch sau đây sẽ được kiểm tra thí nghiệm 2 lần trong ngày:

| Đặc trưng | Phương pháp thử/dụng cụ thử | Giới hạn |
|---|---|---|
| Dung trọng (g/ml) | | 1,02 ÷ 1,05 |
| Tính nhớt | Phễu Marsh | 30 ÷ 36 |
| Mất tính lỏng CC đối với 30 giây kiểm tra | Filter press | < 25 |
| Cake đối với 30 giây kiểm tra (mm) | Filter press | < 3 |
| Độ pH | Giấy quỳ pH | 8 ÷ 11 |

*3.4.2.3.2. Trong quá trình đào đất hố khoan và quá trình làm vệ sinh hố khoan*

Trong giai đoạn đào chất lỏng hỗn hợp Bentonite và nước trở nên nhiễm bẩn do các hạt đất rơi vãi xuống từ thành vách hố khoan và các vật liệu rơi ra từ gầu ngoạm lúc đào. Những tham số sau đây của hỗn hợp dung dịch Bentonite và nước cần phải kiểm tra 2 lần trong ngày:

| Đặc trưng | Phương pháp thử/dụng cụ thử | Giới hạn |
|---|---|---|
| Tính nhớt | Phễu Marsh | < 50 |
| Mất tính lỏng CC đối với 30 giây kiểm tra | Filter press | < 50 |
| Cake đối với 30 giây kiểm tra (mm) | Filter press | < 5 |
| Độ pH | Giấy quỳ pH | 8 ÷ 12 |

*3.4.2.3.3. Trước khi lắp đặt lồng thép và đổ bêtông*

Trước khi lắp đặt lồng thép và đổ bêtông thì công tác kiểm tra đo đạc cuối cùng dùng máy Koden, dạng huyền phù của Bentonite sẽ được xử lý tách thành đơn chất sử dụng biện pháp thổi rửa vệ sinh bằng máy nén khí thả xuống đáy hố khoan và thay Bentonite sạch vào làm giảm hàm lượng cát chứa trong bentonite. Đồng thời Bentonite bẩn được bơm hút ra đưa về máy desand để tinh lọc cát và Bentonite. Bentonite sạch được đưa lại bể trộn sử dụng tiếp tục. Bentonite sạch được đưa vào đáy hố khoan là đồng nhất. Ống Tremic Bentonite sẽ được kiểm tra trước khi lắp đặt lồng cốt thép và phải được thí nghiệm lại trước khi đổ bêtông, các tham số sau đây cần phải được thí nghiệm kiểm tra:

| Đặc trưng | Phương pháp thử/dụng cụ thử | Giới hạn |
|---|---|---|
| Dung trọng (g/ml) | | 1,05 ÷ 1,15 |
| Tính nhớt | Phễu Marsh | 32 ÷ 50 |
| Mất tính lỏng CC đối với 30 giây kiểm tra | Filter press | < 50 |
| Cake đối với 30 giây kiểm tra (mm) | Filter press | < 3 |
| Hàm lượng cát % | Sand screen set và dụng cụ xác định hàm lượng cát | < 2% |
| Độ pH | Giấy quỳ pH | < 11,7 |

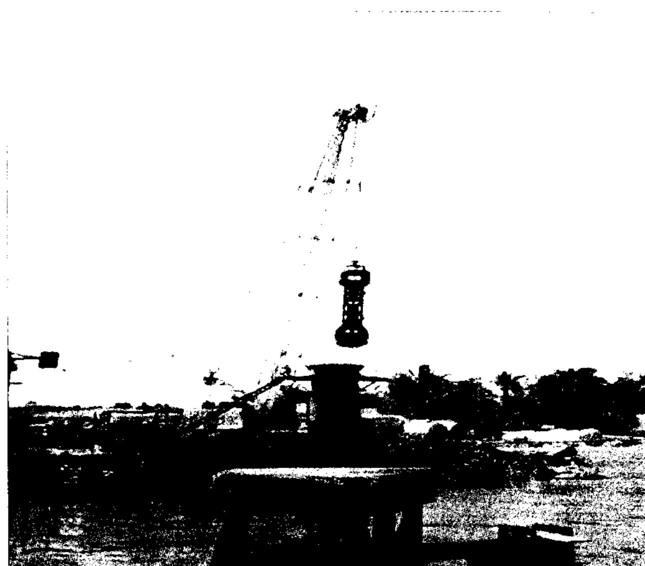
Sau khi lắp đặt lồng thép công tác vệ sinh thổi rửa hố khoan bằng máy nén khí. Máy nén khí được đưa xuống hố khoan thông qua ống dẫn (ống Tremie có đường kính $\phi$ = 250cm) có đủ chiều dài để đảm bảo công tác vệ sinh đạt yêu cầu sẽ phải được thực hiện để thổi sạch đi các vật liệu còn bám lại và vật liệu rơi vãi từ thành vách xuống đáy hố khoan trong quá trình thả lồng thép xuống hố khoan.

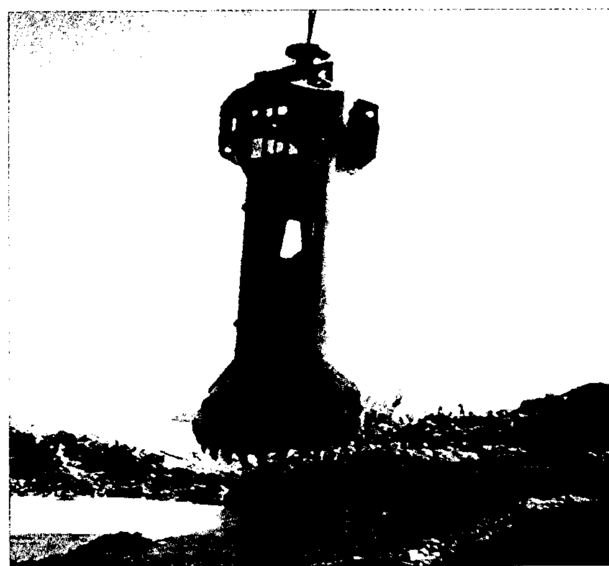
*3.4.2.3.4. Thí nghiệm kiểm tra chung*

Tất cả các mẫu thử sẽ được kiểm tra lập thành bảng tập hợp thành hồ sơ tuân thủ theo các quy định chung về hồ sơ lý lịch thi công cọc và các quy trình thí nghiệm.

### 3.4.3. Các thiết bị thi công sử dụng đào đất hố khoan

Đào đất hố khoan sử dụng các thiết bị gầu ngoạm hình bán cầu KD F3-2400 E đường kính đào 2400mm, trọng lượng 22,5T dùng đào đất; Gầu KD F3-2400 S đường kính đào 2400mm, trọng lượng 25T có răng dính chặt vào miệng gầu rất sắc dùng cắt qua đất hay vật liệu cứng được dễ dàng và cắt phá tạo đường kính; Mũi phá đá, đất cứng Flat Chisel; Máy phá đá sỏi Nordmeyer/B+B đường kính đào 970mm và đặc biệt loại thiết bị này hoạt động bằng động cơ thủy lực.





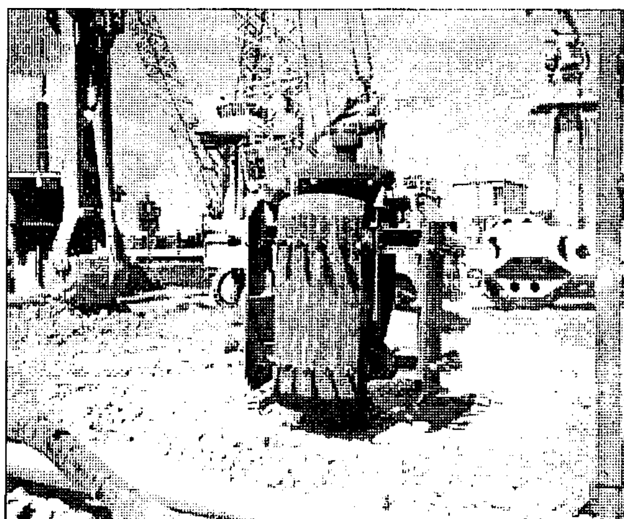
***Hình 3-21a, b:*** *Thiết bị đào gầu ngoạm KD F3-2400 S và hoạt động thi công đào đất hố khoan bằng gầu ngoạm.*

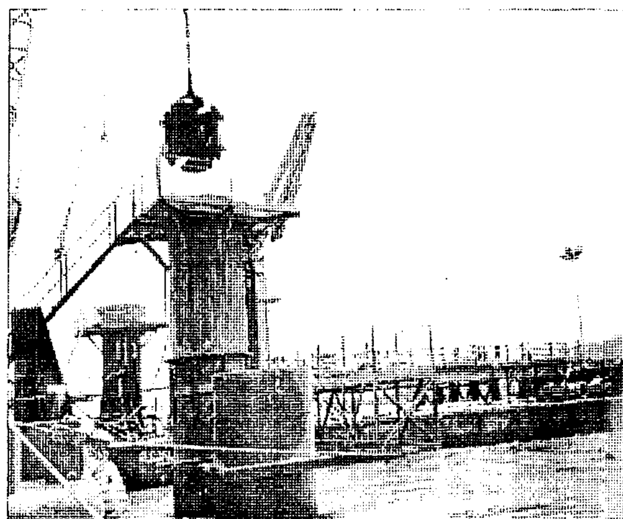
Gầu ngoạm hình bán cầu là thiết bị đào chủ yêu sử dụng cho việc đào đất chuẩn bị hố khoan khi đào qua đất ở trạng thái thông thường. Hỗ trợ cho thiết bị gầu ngoạm là cầu Liebherr HS 883 HD năng lực cẩu khoảng 400T.

Khi bên trong hố khoan được Bentonite lấp hoàn toàn thì giai đoạn thi công đào đất bắt đầu.

Trong quá trình đào đất trong hố khoan dùng gầu ngoạm 22,5T đào đất đạt từ 10 ÷ 20m bên dưới chân ống thép thì sử dụng gầu 25T để thay thế gầu 22,5T để đào đất. Gầu 25T được sử dụng đào đất bên trong hố khoan cho đến độ sâu thiết kế. Thường xuyên kiểm tra độ thẳng đứng thành vách hố khoan, đường kính hố khoan và chiều sâu hố khoan bằng máy siêu âm Koden Probe trong suốt quá trình đào đất hố khoan. Có thể kiểm tra trực tiếp bằng cách thả quả dọi bằng chì buộc với thước dây thả xuống đáy hố khoan hoặc có thể kiểm tra được trong buồng lái của cẩu bánh xích Liebherr HS 833 HD có lắp đặt sẵn máy vi tính trên màn hình sẽ thể hiện chiều dài của dây cáp buộc gầu và chiều sâu hố khoan. Tiến trình cứ tiếp tục như thế cho đến khi đạt chiều sâu yêu cầu thiết kế của hố khoan.

Để tăng cường độ nhám của thành vách hố khoan khi hố khoan xuyên qua các lớp đất sét cứng thì nên dùng thiết bị bàn chải sắt (chổi quét) thiết kế riêng cho việc tăng cường ma sát thành hố khoan. Thiết bị chổi quét bằng sắt này sẽ được cẩu nâng hạ đưa vào trong hố khoan thông qua dây tời treo (*xem hình 2-12a,b*). Cẩu sẽ nâng hạ thiết bị chổi quét lên xuống xung quanh thành vách hố khoan từ 3 đến 4 lần cho mỗi hướng trong mỗi lớp đất sét hố khoan xuyên qua. Việc thực hiện tạo độ nhám bằng thiết bị chổi quét chỉ được thực hiện khi mức Bentonite trong hố khoan đã hạ xuống khoảng 1,5m bên trên mực nước cao nhất. Vật liệu đất đào trong hố khoan được gầu ngoạm mang ra khỏi hố khoan đổ xuống xà lan chờ sẵn và được mang đi đến nơi đổ quy định.

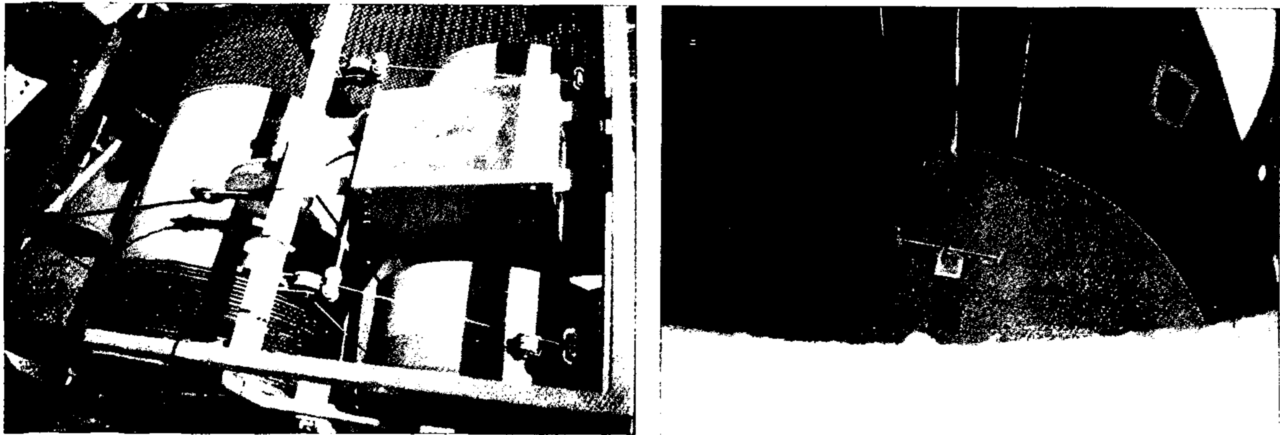




***Hình 3- 22a, b:*** *Thiết bị chổi quét tăng cường ma sát thành vách hố khoan*

### 3.4.4. Đo kiểm tra độ thẳng đứng của hố khoan bằng thiết bị siêu âm KODEN DM-682

Để xác định đường kính của hố khoan và thành vách dọc theo chiều sâu hố khoan sau khi đào đất thông thường sử dụng máy siêu âm KODEN DM-682 để đo kiểm tra. Thiết bị KODEN DM-682 có 02 cặp tế bào cảm ứng sensors. Mỗi cặp dùng cho 1 trục đo. Những trục này gọi là A-A' và B-B' định hướng trực giao nhau cho mỗi cặp và sẽ được thực hiện (phù hợp) tương đẳng với 4 điểm Compa đã đánh dấu. Thiết bị KODEN DM-682 được định tâm bên trên miệng hố khoan sao cho tâm đo đúng vào tâm hố khoan bằng cách dùng thước đo đến 02 trục sau đó đánh dấu vạch sơn lên sàn thao tác quy định trục hướng đo.

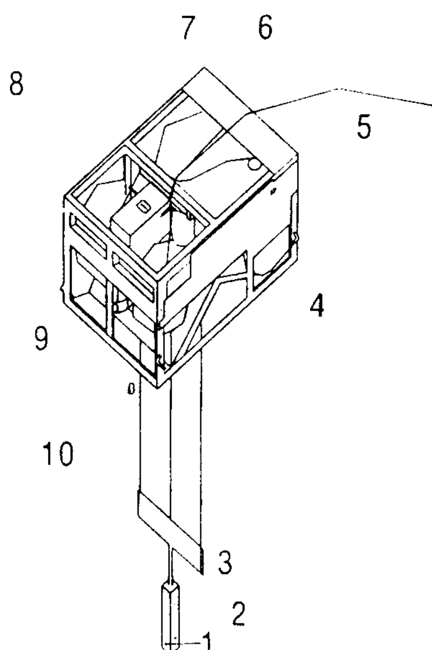


*Hình 3- 23a, b: Thiết bị đo siêu âm KODEN DM-682 đo kiểm tra độ thẳng đứng và đường kính hố khoan*

Cùng một thời gian đo, mỗi chiếc chỉ có thể đọc cho một cặp tế bào cảm ứng sensor thể hiện cho 1 trục. Do đó việc đo tách biệt có thể thực hiện cho mỗi trục đo trong hố khoan. Trong quá trình hạ sensor xuống hố khoan các tế bào cảm ứng sensors sẽ phát các tín hiệu sóng siêu âm một cách định kỳ. Phản hồi sóng tại các mặt của thành vách hố khoan sẽ được ghi lại từ các tế bào cảm ứng sensors tương tự. Ngay khi đó các tín hiệu phúc đáp sẽ được trực tiếp chuyển đến máy in ra giấy. Bản tín hiệu in ra giấy in là giá trị thu được dọc theo chiều sâu hố khoan. Tỷ lệ theo phương thẳng đứng trên bản in sẽ cho ta biết được chính xác vị trí nào trong hố khoan (theo chiều sâu) có khuyết tật hay thành vách bị lệch hay nhô ra hoặc mở rộng, thu hẹp v.v... Thiết bị KODEN DM-682 có thể đo được chiều sâu hố khoan đến 110m.

- Các vị trí thay đổi trên giấy in rất thuận tiện cho việc đọc dữ liệu sau khi đo đạc. Dây, tời vòng quay, dây nối với sensors cùng đồng bộ với dây thả máy dò siêu âm. Tời được trang bị gắn với nút nhấn kéo lên và nút nhấn hạ xuống để sensors có thể chìm và tự nó có thể dừng tự động nếu như hộp sensor tiếp xúc với đáy hố khoan. Tốc độ đọc được ghi lại tự động trên màn hình máy in. Tín hiệu tiến hành trên chu vi thành vách hố khoan để nhận biết được trên bề mặt vách hố khoan những phần lồi và những đường dao động đứt nét không nhận được tín hiệu ở những độ sâu khác nhau sẽ dễ dàng ghi lại được trên giấy in. Để máy siêu âm KODEN DM-682 đảm bảo được hoạt động tốt tất cả các dụng cụ như

phanh hãm, thiết bị bảo vệ mạch điện cao thế, bút ghi vẽ trên giấy có chức năng tự động dừng, v.v. phải được trang bị đầy đủ.




***Hình 3-24:*** *Chi tiết thiết bị siêu âm KODEN DM-682 đo thành vách lỗ khoan*

*1- Đầu dò; 2- Bộ phận ngăn nước;*
*3- Dây cáp bằng thép;*
*4- Bộ phận khống chế lên xuống;*
*5- Ống quấn dây điện;*
*6- Bộ phận khống chế lúc xuống;*
*7,9- Ống quấn dây cáp;*
*8- Động cơ điện; 10- Dây điện*

• Giấy in cảm ứng điện từ đầu ra có thể tự động xuất tín hiệu đổi màu hoặc không có tín hiệu tùy thuộc vào sensors ghi lại tín hiệu bên trong hố khoan.

• Vị trí của sensors nằm chìm theo chiều sâu trong hố khoan có thể được xác định liên tục thể hiện trên đồng hồ đo chiều sâu bằng kỹ thuật số DDI (Digital Depth Indicator) phụ thuộc độ sâu hạ sensor vào trong hố khoan.

• Độ chính xác khi đo bề mặt thành vách hố khoan có thể được nâng lên đáng kể với thiết bị này.

### 3.4.5. Gia công lắp đặt lồng thép

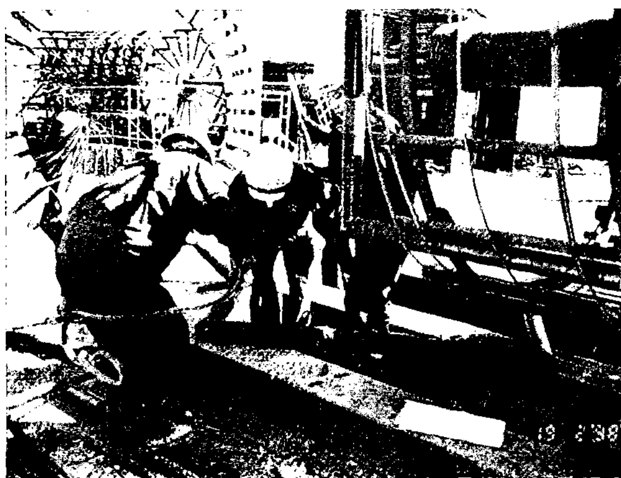
- Các lồng thép được lắp đặt gia công trong các xưởng bố trí ở công trường. Gia công lồng cốt thép trên các khuôn giá đỡ cố định và di động đặt trên ray để điều chỉnh vừa với chiều dài của mỗi lồng thép dự định chế tạo. Các thanh cốt thép được đánh sạch gỉ trước khi hàn, buộc liên kết trong lồng thép. Tùy theo chiều dài cọc khoan nhồi mà thiết kế gồm 4, 5, 6 khoang cốt thép và tùy thuộc vào sơ đồ bố trí vùng chịu mômen kéo của cọc thiết kế mà có thể bố trí 1, 2, 3 hay 4 lớp cốt thép trong khoang. Thông thường tại các vị trí từ 1/3 chiều dài cọc (đầu cọc) tính từ bệ cọc trở xuống là vùng chịu mômen lớn nhất nên có thể bố trí từ 2 đến 4 lớp thép. Từ vị trí L/3 đến đáy mũi cọc chủ yếu là vùng cọc chịu nén cho nên chỉ cần bố trí 1 đến 2 lớp thép trong khoang là đủ.

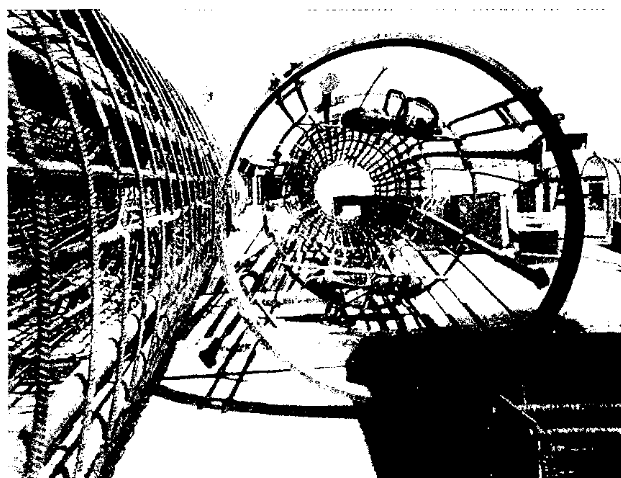
- Lắp đặt các ống siêu âm $\phi$ 82,5mm kín nước. Bố trí từ 4 đến 6 ống siêu âm bằng thép hoặc bằng vật liệu composite. Không được phép hàn trực tiếp vào ống thí nghiệm siêu âm mà phải dùng các hộp nối (ống gen) tại các vị trí nối ống.

- Lắp đặt các ống dùng để phun vữa ximăng (gia cố chân cọc) cách đáy mũi cọc một đoạn 1m. Khoan tạo lỗ đều nhau và được bọc bằng cao su các ống trên.

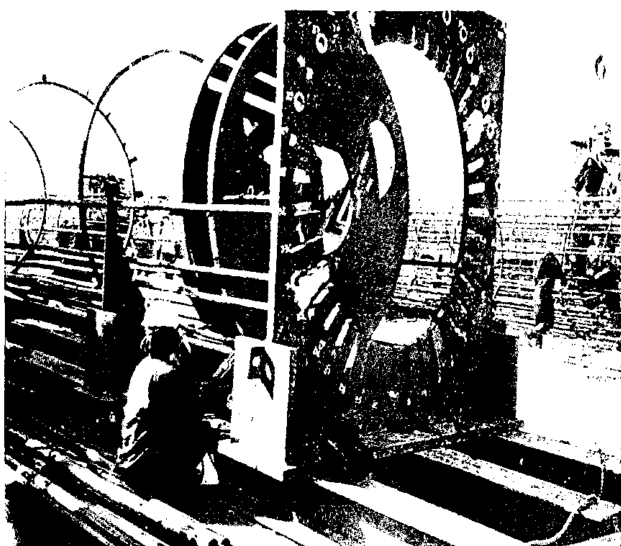
- Đối với các cọc khoan nhồi tại vị trí thiết kế dùng để thử tải thì trong quá trình gia công lồng thép sẽ phải bố trí các hộp kích thủy lực Osterberg Cell cùng hệ thống dây cung cấp thủy lực và các thiết bị đo biến dạng tại các vị trí nối giữa các khoang lồng thép (vấn đề thử tải cọc khoan nhồi bằng kích thủy lực Osterberg cell sẽ được đề cập chi tiết trong phần thử tải tĩnh bằng O-cell).

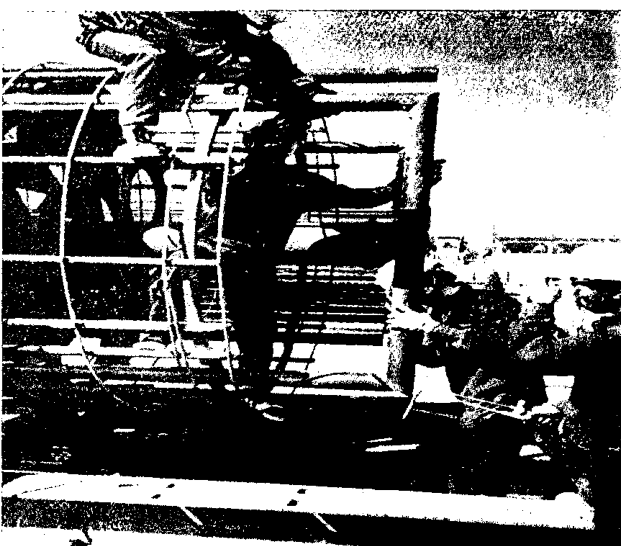
- Bố trí 12 con kê bằng bêtông đường kính 150mm dày 75mm gắn vào xung quanh lồng thép cách bên trên đáy hố khoan khoảng 1m và bố trí cách quãng nhau 8m xung quanh và dọc theo chiều dài cọc để đảm bảo chiều dày lớp bêtông lớp phủ phù hợp với thiết kế (≥ 75mm).



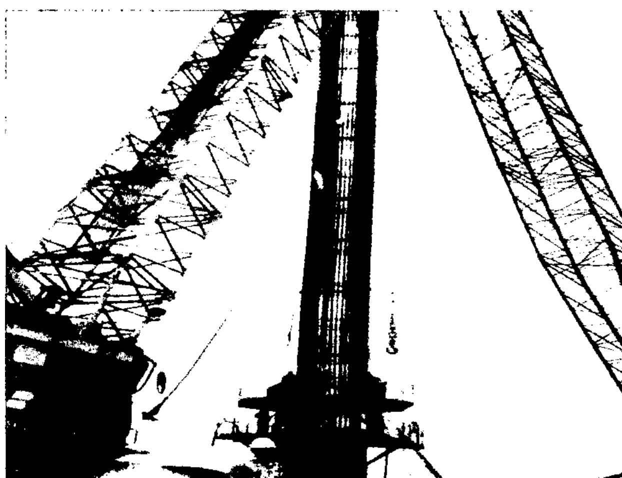
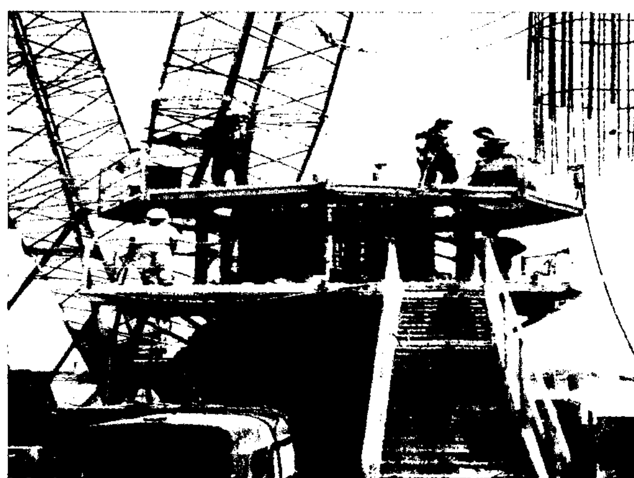


*Hình3-25a, b: Gia công và lắp thép trên các khuôn giá*





*Hình 3- 25c, d: Lồng cốt thép lắp đặt thiết bị thử tải Osterberg cell*

*Hình 3-26a, b: Thi công lắp đặt lồng cốt thép vào hố khoan trước khi đổ bêtông*

## 3.4.6. Công tác đổ bêtông cọc khoan nhồi

### 3.4.6.1. Thiết kế mẻ trộn

Bêtông được thiết kế cho công tác đổ bêtông cọc khoan nhồi bằng ống Tremie theo bảng sau:

| Mô tả hỗn hợp | Đổ bêtông cọc khoan nhồi bằng ống Tremie | | |
|---|---|---|---|
| Cường độ thiết kế | 40 MPa | | |
| Độ sụt thiết kế | 225mm ± 25mm | | |
| Thành phần/nguồn vật liệu | Trọng lượng thiết kế (S.S.D) (kg) | Dung trọng (kg/m$^3$) | Thể tích (m$^3$) |
| Ximăng - SCT "Con Voi" | 440 | 3150 | 0,134 |
| Đá dăm - Thanh Tân | 1000 | 2590 | 0,386 |
| Cát - Tân Châu | 725 | 2740 | 0,264 |
| Bụi xỉ - B.B. C.C | 100 | 2850 | 0,035 |
| Phụ gia - SiKament 520 | 5,6 | 1180 | 0,005 |
| Nước - Giếng khoan | 180 | 1000 | 0,180 |
| Cộng | 2430,6 | | 1,007 |
| Thể tích không khí (0,8% thể tích) | 0 | 0 | 0,008 |
| Tổng cộng | | | 1,015 |

### 3.4.6.2. Tính dễ thi công

Theo quy định Tiêu chuẩn kỹ thuật của hồ sơ thiết kế độ sụt bêtông thay đổi từ 150 ÷ 200mm. Do diện tích chiếm chỗ dày đặc của thép và diện tích của khoang thử tải Osterberg cell nằm bên trong lồng thép, nên để đảm bảo thép và các thiết bị khác như

Osterberg, ống thử sonic, ống bơm vữa v.v. được bêtông lấp đầy hoàn toàn cần thiết phải tăng độ sụt bêtông lên 225mm ± 25mm.

### 3.4.6.3. Công tác trộn hỗn hợp bêtông

Hai trạm trộn bêtông được xây dựng nằm ở 2 bờ sông để cung cấp bêtông cho công tác thi công cọc khoan nhồi. Trạm trộn bêtông ướt với công suất trộn khoảng 60m$^3$/giờ cung cấp bêtông dẻo. Quá trình trộn được kiểm tra bằng hệ thống máy tính sử dụng phần mềm Command Data Eagle. Tất cả các thành phần vật liệu trước khi đưa vào mẻ trộn được hệ thống máy tính cân đo kiểm tra với sai số cho phép được xác định theo bảng sau:

*Sai số cho phép mẻ trộn*

| Thành phần | Sai số |
|---|---|
| Xi măng | ± 1% |
| Nước | ± 1% |
| Đá dăm | ± 2% |
| Phụ gia | ± 2% |

Thành phần hỗn hợp vật liệu được trộn lẫn vào nhau khoảng 45 phút trước khi được đưa vào máy trộn.

### *3.4.6.4. Vận chuyển bêtông*

Bêtông sẽ được vận chuyển từ trạm trộn ra đến vị trí thi công cọc khoan nhồi bằng xe trộn. Xe tải chở bêtông trực tiếp đổ bêtông vào thùng chứa của máy bơm bêtông. Sau đó bêtông sẽ từ máy bơm bêtông bơm vào hố khoan thông qua ống Tremie.

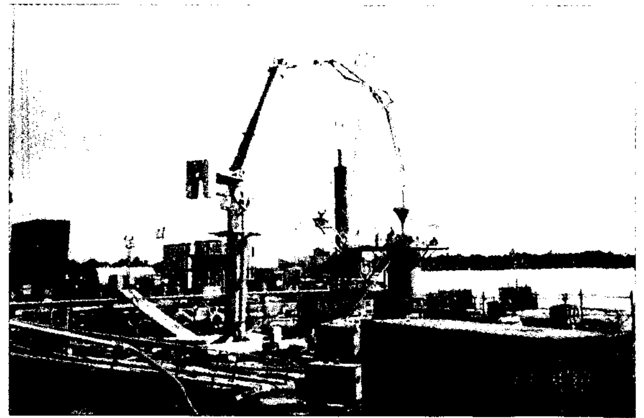
### *3.3.6.5. Công tác đổ bêtông*

Hệ thống ống đổ bêtông Tremie được sử dụng cho cọc khoan nhồi như sau:

*a) Trước khi đổ bêtông*

Ở thời điểm bắt đầu đổ bêtông, ống Tremie được đặt vào giữa lồng thép nằm trong hố khoan, bên trong đầu ống Tremie được chèn bằng quả bóng polystyrene. Trong giai đoạn này ống Tremie chỉ được nâng lên 1 đoạn tối đa 150mm để nước thoát ra ngoài. Khi bêtông được bơm vào ống Tremie, bêtông sẽ được đẩy xuống đáy hố khoan ra khỏi đáy ống Tremie. Một khi lượng bêtông bên dưới dâng ngập đến một phần đoạn ống Tremie, ống Tremie sẽ được nhấc lên đủ để bêtông có thể thoát ra được khi cung cấp. Ống Tremie thường phải nằm chìm trong bêtông tươi khoảng 5m bên dưới bề mặt bêtông đổ vào hố khoan. Việc nhấc ống Tremie phải được thực hiện định kỳ với chiều dài 6m/1 giờ/1 lần tùy thuộc vào khối lượng bêtông cung cấp khoảng 30m$^3$/giờ. Khối lượng bêtông đổ vào hố khoan và chiều dài ống được nhấc lên thực tế được ghi lại và vẽ trên đồ thị tương phản với các giá trị lý thuyết.





***Hình 3-27a, b:*** *Công tác thí nghiệm bêtông trước khi đổ và hoạt động đổ bêtông cọc khoan nhồi*

Trường hợp bêtông ngập lên một phần đoạn ống Tremie, bêtông trong ống Tremie không thể thoát ra ngoài được, phải nhấc ống lên và rút ngắn chiều dài toàn bộ ống lại để dễ thực hiện công tác đổ bêtông cọc. Không được thực hiện việc rút ngắn ống Tremie trong khu vực cốt thép bố trí dày đặc.

Ống Tremie bằng ống thép có đường kính 300mm với chiều dài mỗi đoạn là 5m. Các đoạn trên sẽ được nối với nhau trên suốt chiều dài cọc bằng bulông và bịt buộc hoặc phủ chì tại vị trí trên để tránh vữa bêtông chảy ra ngoài. Tại vị trí bao bọc này phải thường xuyên kiểm tra trong quá trình đổ bêtông.

Đầu của ống Tremie gắn với phễu có kích thước phù hợp với đường kính ống Tremie để nhận bêtông bơm từ máy bơm.

Để hỗ trợ cho việc đổ bêtông trong ống và khắc phục được lực đẩy nổi, ống Tremie phải được để hở và bêtông đẩy dồn xuống đáy ống Tremie như mô tả trên nhằm tách bêtông tươi ra khỏi nước.

Bêtông sau khi ra khỏi ống Tremie sẽ dần dần lấp đầy đáy hố khoan và nổi lên tạo hình nón theo mặt cắt ngang và đỉnh cao nhất nằm ở giữa hố khoan bêtông được cung cấp liên tục "dòng bêtông" sẽ từ giữa tràn ra các bên xung quanh của hố khoan.

Tại những vị trí cốt thép dày đặc "dòng bêtông" từ giữa không thể tràn ra các bên vì bị tắt nghẽn và tràn rất chậm. Trong trường hợp này dễ có khả năng xảy ra bêtông giữa lồng thép và thành vách hố khoan sẽ dâng lên nhanh hơn đồng thời có thể mang theo bùn và có tạp chất không thích hợp khác trộn lẫn vào bêtông.

Để tránh xảy ra vấn đề trên, ống Tremie phải luôn nằm chìm sâu trong bêtông và bêtông phải đổ ở mức độ chậm để san phẳng bề mặt bêtông tại những vị trí này.

### 3.4.7. Đo kiểm tra tính đồng nhất bêtông cọc bằng thiết bị siêu âm

#### *3.4.7.1. Phương pháp thí nghiệm*

- Để hoàn tất công tác thi công cọc khoan nhồi, công tác thí nghiệm độ đồng nhất bêtông bằng phương pháp không phá hủy (NTD) gọi là thí nghiệm siêu âm mặt cắt ngang

hố khoan (Crosshole Sonic Logging viết tắt CSL). Thời gian thí nghiệm siêu âm đo độ đồng nhất (CSL) được thực hiện qua việc đo dải tần biên độ sóng siêu âm từ tín hiệu nguồn phát ra ở một đầu phát chạy dọc trong ống thép đến đầu thu nằm ở trong ống thép khác. Dựa vào sự phân bố của tín hiệu sóng có đều hay không, thời gian di chuyển giữa thu và phát nhanh hay chậm nhận được mà cho kết quả bêtông thân cọc tốt hay có vấn đề về chất lượng. Thời gian di chuyển thu, phát tín hiệu sóng chậm sẽ cho biết được những vấn đề bất thường trong thân cọc chẳng hạn như bêtông kém chất lượng, có những khe rỗng, bêtông rỗ tổ ong hoặc bêtông bị lẫn bùn đất.

- Công tác thí nghiệm độ đồng nhất bêtông cọc khoan nhồi bằng sóng siêu âm có thể thực hiện cho từng cọc giữa thời gian sau 7 ngày đến 20 ngày kể từ ngày hoàn tất công tác đổ bêtông thân cọc.

- Trong số 6 ống thì 4 ống được sử dụng cho công tác thí nghiệm siêu âm còn lại 2 ống để dự phòng. Các ống thí nghiệm siêu âm được bố trí từng đôi một đối xứng nhau qua tâm lồng thép và các ống thép này được bố trí nằm trong chu vi mặt cắt ngang thân cọc. Ống thí nghiệm siêu âm bằng thép có đường kính ngoài là 82,5mm và đường kính trong là 76mm. Các ống thép này có mặt cắt ngang là hình tròn với bề mặt bên trong phải phẳng, không có bất kỳ khuyết tật trong chế tạo cũng như không có những chỗ gồ ghề ngay cả trong mối nối ống để đảm bảo thông suốt cho khi thả máy dò sóng của đầu thu và phát có đường kính 34mm dài 150mm. Các ống thép phục vụ thí nghiệm siêu âm phải kín nước, bề mặt bên trong và ngoài sạch sẽ để đảm bảo đường di chuyển của máy dò sóng và đảm bảo mối liên kết tốt giữa bêtông và ống thép. Lắp đặt lồng cốt thép phải đặc biệt lưu ý đến độ thẳng đứng và song song của các ống thép thí nghiệm siêu âm.

- Ngay sau khi lắp đặt các đoạn lồng cốt thép, các ống thép thí nghiệm siêu âm phải được đổ đầy nước sạch. Sau khi đổ bêtông, phải thật cẩn thận khi tháo dỡ nắp ống thép tránh để xảy ra tình trạng ống thép bị uốn xoắn, bị búa va đập hoặc bất kỳ tác động ứng suất nào gây phá vỡ liên kết giữa bêtông thân cọc với ống thép.

*3.4.7.2. Thiết bị thí nghiệm CSL*

Một bộ vi xử lý dựa trên hệ thống đo sóng siêu âm mặt cắt ngang thân cọc (CSL) đối với các máy thu phát CSL đơn lẻ, máy giao diện kỹ thuật số tương đương và máy ghi dữ liệu CSL, bộ phân tích phản hồi sóng ở đầu thu và máy in CSL.

- Nguồn phát sóng siêu âm và máy dò thu sóng siêu âm.
- Nguồn cung cấp hiệu điện thế sóng siêu âm để kích nguồn với hệ thống nút đồng bộ hoá để khởi động hệ thống ghi nhận tín hiệu sóng.
- Thiết bị thước đo độ sâu để xác định chiều sâu tín hiệu sóng đang ghi.
- Bộ lọc tín hiệu sóng tương ứng/ bộ khuếch đại và hệ thống dây cáp để thí nghiệm

Theo các tiêu chuẩn ASTM C579-83 của Mỹ cho phép sai số về thiết bị đo chiều sâu của đầu đo là giá trị lớn nhất trong 2 trị số sau:

+ 1/500 khoảng cách giữa các đầu dò và đỉnh ống là 5cm

+ Sai số về phép đo thời gian là 3% thời gian truyền sóng đo được.

*3.4.7.3. Trình tự đo thí nghiệm*

- Các thông tin về đường kính mũi cọc, cao độ đỉnh cọc, chiều dài cọc, ngày thi công phải được cập nhật đầy đủ trước khi thực hiện công tác thí nghiệm siêu âm. Việc thí nghiệm siêu âm phải được thực hiện giữa các cặp ống siêu âm với nhau. Mỗi cọc khoan nhồi phải được đo kiểm tra ít nhất là 2 đo đường kính cọc và 4 dây cung thông qua 4 điểm đo trên. Việc đo bổ sung thêm có thể phải thực hiện trong trường hợp có xuất hiện một số tín hiệu không bình thường được kiểm tra trong các ống quy định. Các miệng ống trước khi thực hiện thí nghiệm siêu âm phải được khoá (đóng nắp), phần còn lại dùng để thí nghiệm. Công tác thí nghiệm siêu âm được thực hiện thông qua nguồn phát và đầu thu dò âm nằm trong cùng mặt phẳng nằm ngang trừ phi các kết quả thí nghiệm chỉ ra bộ phận dị tật/phần hư hỏng xảy ra trong tầng đáng nghi ngờ có thể đánh giá với mức độ kiểm tra chi tiết hơn (nguồn phát và đầu thu dò âm song song thẳng đứng nằm trong các ống thí nghiệm siêu âm đặt sẵn trong cọc).

- Trước khi thả xuống và kéo dây treo máy phát và dò thu sóng âm lên, cứ 10m của 3 đoạn cuối được đánh dấu lên dây để cả nguồn máy phát và dò thu sóng âm được thả xuống và kéo lên cùng mặt phẳng nằm ngang.

- Đo siêu âm mặt cắt ngang thân cọc cứ 6cm theo chiều sâu thân cọc thực hiện đo một lần hoặc có thể < 6cm. Việc đo phải được tiến hành từ đáy (mũi) cọc đến đỉnh cọc. Các máy phát và dò thu sóng siêu âm phải được thả cùng một thời gian, bắt đầu từ đáy ống đo siêu âm trên chiều sâu thiết bị đo.

- Phải kiểm tra dây treo máy dò và phát nhằm tăng độ chính xác khi đo, tránh dây bị xoắn, chùng v.v... trước khi tiến hành thí nghiệm.

- Trong quá trình thực hiện thí nghiệm nếu phát hiện những hiện tượng bất bình thường/ dị thường thông qua thời gian thu phát sóng dài hơn lúc bình thường phải thực hiện việc đo kiểm tra bổ sung theo yêu cầu nhằm để xác định chính xác các thông tin dị thường ngay cả việc xác định phạm vi phần bị dị tật trên.

- Trong các kết quả thí nghiệm đo siêu âm phải bao gồm dữ liệu nhật ký về công tác thí nghiệm với các phân tích về thời gian truyền sóng âm, dao động sóng âm, vận tốc sóng/chiều sâu truyền sóng.v.v..

*3.4.7.4. Phân tích kết quả đo kiểm tra*

Để đánh giá được độ đồng nhất thông qua các đặc trưng sóng âm ghi được như vận tốc, biên độ, năng lượng và thời gian truyền sóng kết hợp với hình dạng của dải tần sóng (biên độ sóng) âm thu được bằng thiết bị truyền sóng siêu âm, có thể tham khảo qua các bảng sau đây:

**Đánh giá quan hệ giữa tốc độ xung và chất lượng bêtông theo Whitechurst (1966)**

| Tốc độ xung (m/sec) | Đánh giá chất lượng |
|---|---|
| Trên 4570 | Rất tốt |
| 3660 - 4570 | Tốt |
| 3050 - 3660 | Nghi ngờ |
| 2135 - 3050 | Kém |
| Dưới 2135 | Rất kém |

**Đánh giá quan hệ giữa cường độ bêtông và vận tốc âm theo J.C. Tijou (1984)**

| Vận tốc âm (m/sec) | Cường độ nén MPa | Vận tốc âm (m/sec) | Cường độ nén MPa |
|---|---|---|---|
| 3750 - 4000 | 35 | 3250 - 3500 | 25 |
| 3500 - 3750 | 30 | 3000 - 3250 | 20 |

*Xác định cường độ bêtông:* Vật liệu bêtông là môi trường không đồng nhất và đẳng hướng, chất lượng của nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố nên các đặc trưng âm học đo được của nó cũng chịu ảnh hưởng của nhiều nhân tố, với các nhân tố chủ yếu sau:

- Độ ẩm và tỷ lệ nước ximăng
- Nhiệt độ và tuổi của bêtông lúc kiểm tra
- Chiều dài đường truyền
- Hình dạng và kích thước mẫu
- Cốt thép trong bêtông (bố trí song song hay vuông góc với phương truyền âm)
- Độ lớn, thành phần khoáng, tỷ lệ phối chế của chất liệu .v.v..

### 3.4.8. Bơm vữa gia cố chân cọc

#### *3.4. 8.1. Mục đích của việc bơm vữa*

Mục tiêu của gia cố chân cọc nhằm tăng cường phần mũi cọc bị xáo trộn trong quá trình thi công và đồng thời tăng cường độ cứng chống biến dạng của cọc dưới tác dụng của tải trọng.

Chân cọc nằm trong các lớp có mật độ dày chặt hầu như hoàn toàn là cát. Thâm nhập qua lớp cát trong trường hợp này là không thể thực hiện được và sẽ không đáp ứng tất cả các mục tiêu của bơm vữa gia cố chân cọc. Do bởi phương pháp khoan cọc và đổ bêtông, vùng tiếp xúc với bêtông/đất nền có thể không đảm bảo cao độ cùng với cao độ lắp đặt ống thép Manchette. Giả sử rằng phần chân theo phương ngang các cọc được chôn trong bêtông không nhiều thì ít lớp bảo vệ bêtông phải bị nứt do áp lực nước ngay trước giai đoạn đông cứng. Bằng cách bơm vữa ximăng thông qua các chỗ nứt của bêtông phần chân cọc và nén, môi trường dưới chân cọc trở nên được tạo ứng suất trước. Do vữa gia cố không thích hợp trong việc xuyên vào đất nền như các chất dùng xuyên qua kẽ hở trong đất. Vì thế cần phải

tăng cường hệ số nội ma sát cao hơn và các đặc tính trong vữa bơm để tạo ứng suất trước cho một hàm lượng nhỏ được giới hạn làm dịch chuyển vữa vào nền đất xung quanh.

Phải xem xét trong việc sử dụng vữa thích hợp nhất hoặc là tính nhớt của vữa sử dụng phải được bơm dưới áp suất cao thông qua các ống bơm vữa hoặc lỗ với đường kính nhỏ 12.7mm đến 19,1mm đạt đến độ sâu 100m.

### *3.4.8.2. Lắp đặt các ống bơm vữa*

Các ống phục vụ công tác bơm làm từ ống thép có kích thước da = 82,50mm và di = 76,00mm, s = 3,25m. Trước khi tiến hành đổ bêtông bằng các ống bơm vữa được đánh số thứ tự, đổ đầy nước sạch và kiểm tra lại bằng bơm nước áp lực khoảng 12bars (tương đương 1200 KN/m$^2$) khoảng 5 phút/chu trình. Các ống trên được tạo ren ở 2 đầu để dễ lắp nối vào trong quá trình hạ lồng cốt thép hoặc nối sẵn trước trong lồng cốt thép. Bố trí 6 ống với mũi của các ống thép được nối liền nhau từng đôi một.

- Các ống được liên kết theo 3 phương trong mặt phẳng nằm ngang, tại đáy các ống được đục lỗ và bọc lại bằng các ống cao su PVC hoặc PE (dạng Manchette) và sưởi nhiệt để tạo lớp đệm lót đều trên ống. Đầu ống được uốn tạo khung và liên kết cứng để phù hợp với dạng đáy hố khoan. Các ống Manchette có đường kính d = 100mm. Các miếng bọc cao su có chiều dài là 20cm, khoảng cách giữa các miếng cao su là 30cm. Liên kết khung của ống bơm vữa phải ổn định sao cho các đáy ống bơm vữa được bọc miếng cao su song song và vuông góc nhau.

### *3.4.8.3. Hỗn hợp vữa trộn*

- Theo kết quả trộn thử tại hiện trường xác định các đặc tính sau đây của vữa gồm: Dung trọng, tính dẻo dễ thi công (độ sụt), thời gian trộn và cường độ, hỗn hợp vữa trộn phù hợp bao gồm ximăng, nước và chất phụ gia Sika Intraplast.

- Trạm trộn phải đủ thể tích, để xác định các thành phần cần thiết trong mẻ trộn thử để đạt được vữa bơm với áp lực cao trong thời gian thực hiện công tác bơm vữa.

*Tỷ lệ nước : Ximăng*

Tỷ lệ nước : ximăng (N:XM) qua các thí nghiệm cho thấy lượng ximăng đồng nhất và lượng nước thay đổi theo các kết quả tỷ lệ sau:

Nước : ximăng = 2 : 1; 1 : 1; 0,8 : 1; 0,5.

Đối với công tác trộn vữa việc xác định tỷ lệ nước và ximăng bằng cách cân sẽ rất tiện lợi trong quá trình trộn bêtông tại trạm trộn vì tất cả các thành phần luôn được sử dụng.

- Chất lượng của vữa tùy thuộc phần lớn và hiệu quả của máy trộn.

- Tất cả các thành phần vật liệu sử dụng trong vữa bơm phải được cân đo với độ chính xác ≤ 5%. Do vật liệu thô được đưa vào máy trộn theo trình tự nước - ximăng - bơm hỗ trợ và sau đó thêm vào chất phụ gia và cốt liệu. Ximăng trong trường hợp này phải được đổ

chầm chậm và sau đó phải bơm hỗ trợ thêm, bằng cách đó trộn vữa bơm và hiệu quả bơm hỗ trợ được bảo toàn. Nhiệt độ của hỗn hợp vữa sạch không được vượt quá 35°C sau khi trộn.

*Thiết bị*

Có thể sử dụng các loại máy trộn sau đây tại hiện trường:

- Bộ thiết bị bơm và đầm nén vữa 310 E
- Bộ thiết bị gồm: 1 máy trộn HCM 140; 1 bồn chứa HRW 160; 1 máy bơm vữa ZPM 610; 1 bộ nguồn thủy lực.
- Bộ bơm - nén 310 E phù hợp với việc trộn và bơm vữa thường và hỗn hợp vữa có kích cỡ cốt liệu đạt đến 3mm. Với các dữ liệu sau:

  - Dài 1600mm, rộng 760mm,

  - Cao 1450mm, nặng (bao gồm chất lỏng thủy lực) 500kg,

  - Năng lượng tiêu thụ 50HZ là 9 kW 400V

  - Năng lượng tiêu thụ 60HZ là 11 kW 460V,

  - Công suất đầu ra khoảng 1,2m$^3$/giờ,

  - Áp lực lớn nhất 100 bar

  - Áp lực nhỏ nhất 3 bar.

***3.4.8.4. Trình tự bơm vữa***

- Sau khi bêtông đã đạt được cường độ khoảng 15MPa sau 24 giờ, chân cọc sẽ được bơm vữa. Trong quá trình bơm chỉ sử dụng 1 trong 3 đôi liên kết dây ống vữa hình chữ U, còn lại 2 đôi liên kết dự phòng được đổ đầy nước và đậy nắp chặt lại.

- Hai ống bơm thiết kế giống nhau được lần lượt thả vào lòng ống bơm vữa tại vị trí sâu nhất của hệ thống liên kết dây hình chữ U. Trong khi vữa được đưa vào ống bơm đầu này thì đầu kia đóng kín.

- Các thông tin về quan sát dịch chuyển thẳng đứng của đầu cọc nếu có xảy ra trong quá trình bơm vữa liên tục ở tất cả các thời điểm với độ chính xác ± 0,2mm.

- Sự chồi lên của đỉnh cọc có thể đo được bằng đồng hồ kỹ thuật số gắn vào dầm chuẩn đặt trên đỉnh cọc. Có thể sử dụng dầm chuẩn trong thí nghiệm Osterberg cell để quan sát dịch chuyển thẳng đứng của cọc. Nếu như trong quá trình bơm vữa gia cố, cọc bị chồi lên hơn 3mm hoặc lớn hơn thì phải dùng các thiết bị khảo sát để kiểm tra thường xuyên trong khi thực hiện công tác bơm vữa.

- Bơm vữa sẽ phải thực hiện tối thiểu theo 2 giai đoạn và nếu có yêu cầu thì có giai đoạn bổ sung cho đến khi đạt được áp lực yêu cầu và duy trì được áp lực đó. Cần thiết phải có đủ lượng vữa để bơm liên tục mỗi giai đoạn tối thiểu phải có sẵn khoảng 0,5m$^3$ vữa.

Gia cố vữa theo phương pháp dịch chuyển vữa phải thực hiện cho tất cả các cọc với các giai đoạn thực hiện cho cả 2 phía như sau:

| | Ống bên này | Ống bên kia |
|---|---|---|
| - Giai đoạn 1 | 1' | — |
| | 2' | — |
| | 3' | — |
| - Giai đoạn 2 (sau 24 giờ) | — | 1'' |
| | — | 2'' |
| | — | 3'' |
| - Giai đoạn 3 (nếu yêu cầu đạt đến 5MPa) | 1' | — |
| | 2' | — |
| | 3' | — |

*Giai đoạn I:* Vữa bơm sử dụng tỷ lệ cao $\frac{N}{XM} = 0,8$ để đảm bảo vữa bơm tạo được áp lực tương xứng qua các vết nứt.

*Giai đoạn II:* Hàm lượng ximăng tăng với tỷ lệ cao $\frac{N}{XM} = 0,5$ và yêu cầu vữa bơm đạt 50bar duy trì trong thời gian 10 phút. Khi đã đạt đến áp lực 50bar theo yêu cầu thì áp suất bơm giới hạn phải để ở mức 60bar để cho phép áp suất giảm dần.

Lấy mẫu thí nghiệm cho mỗi mẻ trộn xác định cường độ nén của mẫu trong thời gian 3, 7 và 28 ngày.

Các số liệu sau đây phải được ghi lại trong nhật ký thi công cả 2 giai đoạn:

- Số thứ tự ống bơm vữa và cọc được bơm vữa
- Ngày, thời gian và chiều sâu khoan hố móng
- Ngày, thời gian và chiều sâu bơm vữa
- Đầu bơm (packer) và mức nước
- Ngày, thời gian vệ sinh hố khoan
- Ngày, thời gian đo sự trồi lên của cọc khi bơm với áp lực từ 20bar trở lên
- Lấy mẫu thí nghiệm vữa

### 3.4.9. Công tác khoan lấy mẫu bêtông cọc

Để có thể khoan bêtông thân cọc khoan nhồi các thiết bị sau đây được chọn để sử dụng:

- Cần khoan hoạt động bằng động cơ điện HBR - 202
- Ống lấy mẫu khoan đôi T -2 - 66 dài 1,5 và 3m
- Mũi khoan kim cương 66mm
- Cần khoan và khớp nối (ống lồng) CR42
- Máy bơm phun áp lực cao

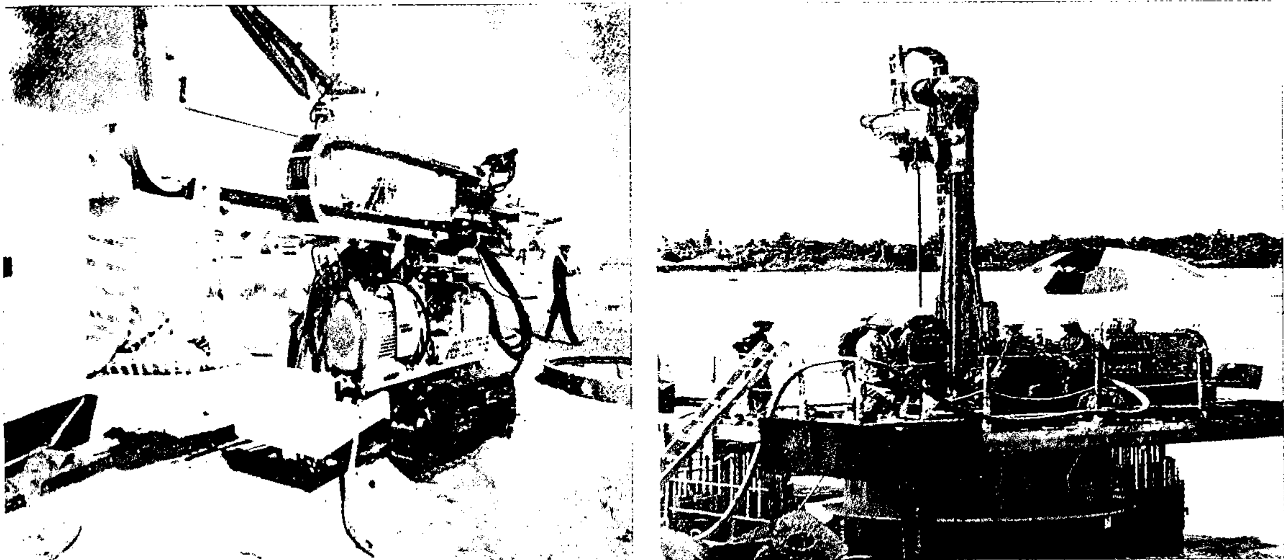
Vị trí và chiều sâu khoan được thực hiện dựa trên kết quả thí nghiệm độ đồng nhất bêtông thân cọc. Một vài trường hợp các ống phục vụ công tác khoan được lắp đặt sẵn

trong thân cọc ở các độ sâu khác nhau. Các ống trên lắp cùng thời gian lắp đặt lồng thép để có thể thực hiện công tác khoan lấy mẫu bêtông tiến hành từ đáy các ống nêu trên. Lưu ý rằng các ống bổ sung trên sẽ gây bất lợi trong công tác đổ bêtông thân cọc.

Đối với việc lấy mẫu bêtông nằm bên dưới các ống Manchette, sử dụng các ống thí nghiệm siêu âm. Để có thể khoan vào chân cọc bắt buộc phải khoan cắt qua đáy các ống thí nghiệm siêu âm bằng thép và khoan sâu xuống bên dưới đến độ sâu yêu cầu.

Trong quá trình khoan sử dụng bơm phun áp lực cao để có thể cắt lấy mẫu. Để lấy mẫu liên tục nằm bên dưới độ sâu của ống Manchette sẽ rất khó thực hiện vì áp lực phun của máy bơm sẽ làm phá vỡ kết cấu xung quanh dưới chân cọc. Trong trường hợp yêu cầu lấy mẫu bêtông không phá hủy phải sử dụng đến loại ống lấy mẫu U.

Trong suốt quá trình khoan, công tác lấy mẫu phải được lưu giữ trong các hộp đựng mẫu đánh số thứ tự mẫu. Các mẫu bêtông trên sẽ được phân tích đánh giá lại chất lượng thực tế về độ đồng nhất của bêtông trong thân cọc.



***Hình 3-28:*** *Khoan lấy mẫu bê tông*

## 3.5. VỀ CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN Ở VÙNG ĐỊA CHẤT CÓ HANG CASTƠ

Trong nhiều dự án cầu ở tuyến Quốc lộ 10 từ Thái Bình đi Hải Phòng cũng như trên tuyến đường Hồ Chí Minh và một số tuyến khác đã gặp tình huống phải thi công cọc khoan nhồi qua tầng địa chất có hang động castơ. Khi đó phải giải quyết một loạt các vấn đề phức tạp về tính toán thiết kế cũng như về thi công và kiểm tra đánh giá chất lương cọc khoan nhồi.

Nói chung có 2 giải pháp cơ bản là :

- Đưa đất sét xuống lấp đầy hang castơ, sau đó tiếp tục khoan qua chiều dầy hang đó
- Hạ thêm ống vách thép để ống vách dủ xuyên qua chiều dầy hang castơ.

Sau đó phải tính toán lại khả năng chịu lực của cọc theo cấu tạo thực tế. Vấn đề này rất phức tạp và sẽ được trình bầy kỹ trong một tài liệu riêng khác.

**Phụ lục 1**

NHẬT KÝ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI

...cầu và đường: Trụ số: Tên cọc:

...ố:

| ...a | Thời gian khoan | | | | | | | | Thời gian dừng gầu lấy đất | Tình hình địa chất | Vữa bentonite | | | | Khoan sâu (m) | | Tình hình mùn khoan | Tình h... kiểm t... giến... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bắt đầu | | | Dừng khoan | | | T gian khoan | | | | Tỷ trọng | Độ nhớt | H.lượng cát | pH | Đợt nay | Tích luỹ | | |
| | Ngay | Giờ | Phút | Ngày | Giờ | Phút | Giờ | Phút | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

...ỞNG CA PHỤ TRÁCH KỸ THUẬT NGƯỜI GHI

## BẢNG THEO DÕI HỐ KHOAN CỌC NHỒI

CÔNG TRÌNH:

THẦU CHÍNH:

NGÀY: TRỤC: CỌC SỐ:

CAO ĐỘ MẶT TRÊN ỐNG VÁCH: CAO ĐỘ NỀN:

| STT | Biển số xe Mix | Khối lượng | K.Lượng cộng dồn | Rời trạm | Đến CT | Độ sâu hố khoan | Bắt đầu đổ | Kết thúc đổ | Ống đổ bê tông | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Cao độ TK mũi cọc: Cao độ mũi cọc trước khi đổ BT:

Khối lượng BT lý thuyết:

Cao độ cắt cọc TK: Cao độ bê tông sau khi đổ:

Khối lượng BT thực tế:

Khối lượng hao hụt: Phần trăm hao hụt:

Mác BT:

Thời tiết: Nhận xét của người KT:

NGƯỜI KIỂM TRA NGƯỜI BÁO CÁO

DUYỆT NGÀY

**Phụ lục 2**

NHẬT KÝ THI CÔNG BÊ TÔNG

Tên cầu: Trụ số:

Mác bê tông:

Khối lượng bê tông:

Phụ trách kỹ thuật thi công:

Người thí nghiệm:

Bề dày mùn khoan dưới đáy giếng khi bắt đầu đổ vữa bê tông:

Năm Bắt đầu Hoàn thành

| | |
|---|---|
| 1 | Ngày đổ vữa bê tông |
| 2 | Cọc số Cao độ mũi cọc |
| 3 | Mác bê tông |
| 4 | Thành phần bê tông và tỷ lệ N/X |
| 5 | Loại và hoạt tính xi măng |
| 6 | Độ sụt: Bắt đầu Trung bình |
| 7 | Nhiệt độ vữa bê tông khi ra khỏi máy trộn |
| 8 | Nhiệt độ vữa bê tông ở phễu chứa lúc bắt đầu đổ |
| 9 | Khối lượng của vữa bê tông trong một ca |
| 10 | Phương pháp rút ống dẫn vữa |
| 11 | Nhiệt độ ngoài trời |
| 12 | Kết quả nén mẫu kiểm tra |
| 13 | Tên và số lượng chất phụ gia |
| 14 | Thời gian bắt đầu ninh kết của bê tông |
| 15 | Kết quả mẫu khoan kiểm tra |

## Phụ lục 3

# SAI SỐ CHO PHÉP CỦA CỌC KHOAN NHỒI

| TT | Tên sai số | Hạng mục | Sai số | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Sai lệch vị trí | Cụm móng cọc<br>một cọc đơn | $\Delta x,y \leq 100mm$<br>$\Delta x,y \leq 50mm$ | |
| 2 | Đường kính cọc | D | $D \geq 1500mm$ | |
| 2 | Độ nghiêng cọc | Cọc thẳng đứng | 0,5% | TCXD 205: 1998 |
| 3 | Chiều sâu | Đối với từng cọc | Không nông hơn trị số Thiết kế + 20, -0 | |
| 4 | Bề dầy bùn lắng | Cọc ma sát | $\Delta t \leq 20cm$ | TCXD 205: 1998 |
| 5 | Cường độ bê tông $R_{28}$ | Đạt cường độ bê tông Thiết kế | Trong mọi trường hợp<br>$R_{28} \geq 300kG/cm^2$ | |

**Phụ lục 4**

BIỂU TỔNG HỢP CỌC KHOAN NHỒI

Tên cầu: Trụ số:

Mác bê tông:

Khối lượng bê tông:

Phụ trách kỹ thuật thi công:

Người thí nghiệm:

Bề dày mùn khoan dưới đáy giếng khi bắt đầu đổ vữa bê tông:

Năm: Bắt đầu: Hoàn thành:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Ngày đổ vữa bê tông | |
| 2 | Cọc số | Cao độ mũi cọc |
| 3 | Mác bê tông | |
| 4 | Thành phần bê tông và tỷ lệ N/X | |
| 5 | Loại và hoạt tính xi măng | |
| 6 | Độ sụt: Bắt đầu | Trung bình |
| 7 | Nhiệt độ vữa bê tông khi ra khỏi máy trộn | |
| 8 | Nhiệt độ vữa bê tông ở phễu chứa lúc bắt đầu đổ | |
| 9 | Khối lượng của vữa bê tông trong một ca | |
| 10 | Phương pháp rút ống dẫn vữa | |
| 11 | Nhiệt độ ngoài trời | |
| 12 | Kết quả nén mẫu kiểm tra | |
| 13 | Tên và số lượng chất phụ gia | |
| 14 | Thời gian bắt đầu ninh kết của bê tông | |
| 15 | Kết quả mẫu khoan kiểm tra | |

## Phụ lục 5

## THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI BẰNG BENTONITE

**Dữ liệu chung**

Nhà thầu:

Loại cọc và phương pháp:

Công trường:

Bản vẽ số:

**1. Dữ liệu cọc**

a) Đường kính cọc

b) Kích thước cọc của ống dẫn

c) Dụng cụ đào

d) Kích thước bên ngoài

- Của dụng cụ đào
- Của dao cắt

e) Cốt liệu (cỡ lớn nhất)

f) Tỷ lệ nước / xi măng (N/X)

g) Phụ gia bê tông

% trong trọng lượng xi măng

h) Phụ gia làm chậm đông cứng phù hợp với thời gian làm việc

**2. Cốt thép**

Bản vẽ số:

a) Lắp đặt khung cốt thép

- Trước khi đổ bê tông
- Sau khi đổ bê tông

b) Con kê

- Loại
- Số lượng, chiều dài, khoảng cách

**3. Bê tông**

a) Mác bê tông

b) Trộn trước bê tông

c) Loại xi măng (người cung cấp)

d) Hàm lượng xi măng

e) Vật liệu (cỡ lớn nhất)

f) Tỷ lệ nước / xi măng (N/X)

g) Trộn bê tông

% trọng lượng xi măng

h) Trộn thêm chất làm chậm đông cứng phù hợp với thời gian làm việc

**4. Đổ bê tông**

a) Trong điều kiện ngập nước

Điều kiện khô

b) Biện pháp đổ

- Ống đổ bê tông Φ
- Với bơm bê tông
- Phương pháp đổ
- Miêu tả

c) Làm sạch lỗ khoan

d) Đo bê tông

**5. Theo dõi chung**

## Phụ lục 6

BIỂU THEO DÕI THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI BẰNG BENTONITE

**Dữ liệu đặc biệt**

Cọc khoan số: Nén: Độ nghiêng:

**1. Địa tầng**

| M dưới tầng làm việc | M bên trên mốc chính | Miêu tả đất | Đất - nước | Dụng cụ khoan ống vách |
|---|---|---|---|---|
| | ± 0 | ∇ Cao độ làm việc | | Từ ........ đến .. ...... m |

**2. Thời gian làm việc**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Dây chuyền | Nhiệt độ xung quanh °C | Thời gian | | Ngày |
| | | Từ | Đến | |
| Đào đất | | | | |
| Đục đất | | | | |
| Thời gian gián đoạn | | | | |
| Cấu tạo lớp mũi cọc | | | | |
| Đổ bê tông | | | | |

**3. Số liệu về cọc**

a) Đo chiều sâu sau khi đào đất - m dưới cao độ làm việc

b) Đục: Từ - m đến - m

c) Độ lệch của vị trí làm việc

Trục: - cm Trục: - cm

**4. Giá trị thực tế của chất làm cứng**

| | Đơn vị | Trước đổ bê tông | Sau đổ bê tông |
|---|---|---|---|
| Tỷ trọng | $g/cm^3$ | | |
| Trị số nhớt | Sec | | |
| Tổn thất dung dịch | $cm^3$ | | |
| Hàm lượng cát | % | | |
| Sự kiềm hoá | pH | | |

Lớp dung dịch

- M bên trên cao độ đáy của ống vách

- M trên mặt nước đất

**5. Cốt thép**

Độ nghiêng theo bản vẽ số: Độ nghiêng dọc theo chiều dài Thay đổi

**6. Bê tông**

Các trường hợp đặc biệt

**7. Đổ bê tông**

- Độ cao của dung dịch bên trong cọc khoan lúc bắt đầu đổ - m bên trên lớp cuối của ống vách

- Tiêu thụ bê tông:

Lý thuyết: - $m^3$ Thực tế: - $m^3$

**8. Quan sát chung**

Sai lệch so với dữ liệu chung

**9. Chữ ký/ ngày tháng**

**Đốc công/ Giám sát** **Đại diện nhà thầu**

## Phụ lục 7

### NHẬT KÝ KHOAN CỌC

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung theo dõi:

5.1. Loại thiết bị khoan cọc:

5.2. Biện pháp khoan:

5.3. Thời gian khoan và các diễn biến trong 60 phút thường kỳ được ghi chép theo biểu sau:

| TT | Thời gian | Cao độ mũi khoan (m) | Chiều sâu khoan (m) | Chất lượng dung dịch khoan | | Độ nghiêng cần khoan (%) | | Tình hình địa chất thực tế | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tỷ trọng | Độ nhớt | Dọc sông | Ngang sông | | |
| | ....<br>....<br>.... | | | | | | | | |

5.4. Những diễn biến khác:

6. Kết luận:

*Ngày tháng năm*

**Kỹ sư thi công** **Trưởng ca**

**Phụ lục 8**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

*........., ngày.....tháng...... năm... .*

BIÊN BẢN NGHIỆM THU LỒNG CỐT THÉP

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung nghiệm thu:
   5.1. Căn cứ kết quả thí nghiệm thép và mối nối hàn số:
   5.2. Căn cứ bản vẽ cốt thép cọc số:
   5.3. Đối chiếu thực tế nhận thấy: theo bảng sau:

| TT | Hạng mục | Đơn vị | Theo thiết kế | Thực tế |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Cốt thép chủ Φ28 gai | Thanh | | |
| 2 | Cốt thép đai Φ10 gai | - | | |
| 3 | Cốt thép cấu tạo khác | - | | |
| 4 | Số lồng cốt thép | Lồng | | |
| 5 | Cốt thép chủ loại Φ22 gai | Thanh | | |
| 6 | Cốt thép đai Φ10 gai | - | | |
| 7 | Cốt thép cấu tạo khác | - | | |
| 8 | Số lồng cốt thép | Lồng | | |
| 9 | Chất lượng mối hàn trong gia công mỗi lồng | | | |
| 10 | Những vấn đề khác | | | |

6. Kết luận:

**Nhà thầu**

**Kỹ sư thi công** **Đại diện đơn vị TC** **TVGS** **Đại diện Ban QLDA**

## Phụ lục 9

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

*........., ngày.....tháng...... năm.....*

### BIÊN BẢN NGHIỆM THU HỐ KHOAN TRƯỚC KHI LẮP CỐT THÉP

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung nghiệm thu:

5.1. Căn cứ vào đồ án thiết kế số:
ngày ........ tháng ....... năm ........ chúng tôi trực tiếp kiểm tra lỗ khoan số:
theo sơ hoạ mặt bằng sau:

5.2. Kiểm tra thực tế thấy:

| | | |
|---|---|---|
| * Vị trí: | Tại cao độ mặt đất | Tại đáy bệ |
| - Sai số theo dọc cầu: | | |
| - Sai số theo ngang cầu: | | |
| * Độ nghiêng: | | |
| - Phương dọc cầu: | | |
| - Phương ngang cầu: | | |

5.3. Đường kính cọc thực tế:
5.4. Cao độ đáy lỗ khoan:
5.5. Độ dày bùn lắng sau khi làm sạch lỗ khoan:
6. Kết luận:

| Nhà thầu | | | |
|---|---|---|---|
| **Kỹ sư thi công** | **Đại diện đơn vị TC** | **TVGS** | **Đại diện Ban QLDA** |

**Phụ lục 10**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

*........., ngày.....tháng...... năm.....*

BIÊN BẢN NGHIỆM THU TRƯỚC KHI ĐỔ BÊ TÔNG

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung kiểm tra và nghiệm thu:

5.1. Căn cứ vào biên bản nghiệm thu lồng cốt thép ngày:
Căn cứ vào biên bản nghiệm thu lỗ khoan ngày:
Căn cứ vào bản vẽ thiết kế số: của Công ty Tư vấn Thiết kế CL - H ngày:

5.2. Kiểm tra lắp đặt cốt thép và ống kiểm tra nhận thấy:

| TT | Hạng mục | Đoạn 1 - 2 | Đoạn 2 - 3 | Đoạn 3 - 4 | Đoạn 4 - 5 | Đoạn 5 - 6 | Đoạn 6 - 7 | Đoạn 7 - 8 | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mối hàn | | | | | | | | |
| 2 | Độ nghiêng | | | | | | | | |
| 3 | Ống kiểm tra | | | | | | | | |
| 4 | Thời gian lắp đặt | | | | | | | | |

5.3. Kiểm tra cao độ chân cọc:

6. Kết luận:

**Nhà thầu**

**Kỹ sư thi công** **Đại diện đơn vị TC** **TVGS** **Đại diện Ban QLDA**

## Phụ lục 11

BIỂU THEO DÕI ĐỔ BÊ TÔNG CỌC KHOAN NHỒI

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung theo dõi: Đổ bê tông cọc nhồi số:

5.1. Căn cứ thiết kế cấp phối bê tông số: ngày:

5.2. Hình thức trộn: trạm trộn 60m$^3$/h

* Đợt 1: Một gầu bê tông với thể tích 3,0m$^3$ được cẩu đổ thẳng vào phễu độ sụt S = cm

Dùng mút xốp làm nút ống. Chiều cao nút xốp: cm

Kết quả đổ bê tông đợt 1:

* Đợt 2: Đổ bê tông bằng máy bơm, bơm bê tông trực tiếp vào phễu và được theo dõi như bảng sau: (chu kỳ kiểm tra 30 phút/ lần)

| TT | Thời gian | | Cao độ (m) | | Độ sụt (cm) | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Từ | Đến | Mặt BT | Đáy ống đổ | | |
| | | | | | | |

5.3. Kiểm tra thời gian sơ ninh thực tế của bê tông:

Bắt đầu trộn từ: giờ

Bắt đầu ninh kết lúc: giờ

Thời gian bắt đầu sơ ninh: giờ

5.4. Những diễn biến khác:

6. Kết luận:

*Ngày ..... tháng ..... năm.......*

**Kỹ sư thi công** **Trưởng ca**

**Phụ lục 12**

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

*.........., ngày ........ tháng ..... năm......*

BIÊN BẢN NGHIỆM THU CỌC KHOAN NHỒI

1. Tên công trình:
2. Hạng mục:
3. Đơn vị thi công:
4. Ban quản lý:
5. Nội dung nghiệm thu:

- Căn cứ vào hồ sơ thiết kế số:

Căn cứ vào các biên bản nghiệm thu:

Căn cứ vào kết quả kiểm tra cọc của:

ngày tháng năm

Căn cứ vào kết quả kiểm tra các mẫu bê tông hoàn công số: ngày tháng năm

- Đối chiếu với hồ sơ thiết kế và Quy trình nghiệm thu, Hội đồng nghiệm thu thống nhất đánh giá:

- Cọc số: của trụ số: công trình cầu LQ được thi công đảm bảo thiết kế về chất lượng cũng như vị trí nằm trong sai số cho phép của quy trình.

Kết luận: nghiệm thu cọc số: cho đơn vị thi công để tiếp tục cho các công việc của các hạng mục tiếp theo.

**Nhà thầu**

**Kỹ sư thi công** **Đại diện đơn vị TC** **TVGS** **Đại diện Ban QLDA**

## Chương IV

# CÁC SỰ CỐ KỸ THUẬT THƯỜNG GẶP VÀ GIẢI PHÁP XỬ LÝ TRONG THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI

## 4.1. VÍ DỤ MỞ ĐẦU

Xuất phát từ đặc điểm công nghệ thi công cọc khoan nhồi là khoan tạo lỗ trước trong nền đất; giữ ổn định vách hố khoan bằng ống vách, dung dịch bentonite, v.v..., sau đó tiến hành đúc cọc theo phương pháp đổ bê tông trong dung dịch bentonite. Cho nên, nếu không có kinh nghiệm trong thi công cũng như thiết kế thì thường gặp rất nhiều sự cố xảy ra trong quá trình thi công dẫn đến việc ảnh hưởng chất lượng khai thác công trình và các sự cố kỹ thuật thường rất khó phát hiện bằng mắt thường.

Khái niệm sự cố là những hiện tượng khác thường xảy ra ngoài dự tính của đơn vị thiết kế cũng như của đơn vị thi công, dẫn đến những hậu quả làm hư hỏng cọc, giảm khả năng chịu tải của cọc, v.v... Mức độ hư hỏng có thể từ nhỏ đến lớn và có thể sửa chữa được hoặc không thể mà phải thay thế cọc khác. Vì vậy, nếu công trình nào gặp sự cố thì sẽ gây ra hậu quả rất nghiêm trọng như: làm tăng giá thành và kéo dài thời gian thi công, đôi khi phải hủy bỏ phương án thi công cọc khoan nhồi mà phải thay thế bằng giải pháp móng cọc khác có thể sẽ rất tốn kém và không kinh tế.

Do vậy, việc nghiên cứu, thu thập các sự cố thường xảy ra cho cọc khoan nhồi, qua đó sẽ tìm các nguyên nhân gây ra sự cố và đưa ra các giải pháp xử lý thích hợp cho từng sự cố cụ thể.

Đối tượng nghiên cứu là: một trường đất, công nghệ khoan tạo lỗ và đổ bê tông.

Đối với những công trình xây dựng có sử dụng cọc khoan nhồi ở vùng đồng bằng sông Cửu Long thường gặp một số sự cố trong quá trình thi công. Rõ nhất và điển hình nhất là sự cố ở cọc khoan nhồi của các công trình sau:

• Cọc khoan nhồi đường kính d = 1000mm, dài 37m của Nhà làm việc 10 tầng của Tổng Công ty XDCT Giao thông 6, bị sự cố: khối lượng bê tông đổ thực tế lớn hơn rất nhiều so với khối lượng bê tông tính toán theo kích thước lỗ khoan;

• Cọc khoan nhồi đường kính d = 800mm, dài 44m của Nhà máy ximăng Cần Thơ, bị sự cố: khối lượng bê tông đổ thực tế lớn hơn rất nhiều so với khối lượng bê tông tính toán theo kích thước lỗ khoan;

• Ở cầu Bình Điền, sự cố là: không hạ hết được chiều dài lồng thép theo thiết kế, và sau đó quyết định cho rút lồng thép lên để thổi rửa lại, nhưng lại không rút lên được. Mặt dù trước khi hạ lồng thép đã có công đoạn thổi rửa và kiểm tra chiều sâu lỗ khoan. Nguyên nhân chủ yếu là do đất vách hố khoan bị sụp lở nhiều trong quá trình hạ lồng thép làm trồi lên đột ngột của đáy hố khoan và chôn vùi một đoạn của lồng thép trong thời gian chờ quyết định xử lý, do đó lồng thép rút lên không được.

0,0m
DD BETONITE
Cát mịn pha ít sét, dẻo mềm - dẻo cứng
-2,4m
-3,2m
Sét, xám vàng, dẻo mềm - dẻo cứng
-6,1m
Cát mịn pha ít sét vàng nhạt, loãng rời, dẻo mềm
Không có ống chống vách
12m
Bê tông tràn vào
Hang hốc do cát chảy
Bê tông cọc khoan nhồi
Cát chảy ra
Khối cát pha xâm nhập vào bêtông
Bê tông tràn vào
Hang hốc do cát chảy
4,2m
3,6m
2,4m
0,6m
2,8m
7,6m
Cát chảy ra
8,8m
6,2m
15m
Dung dịch bentonite đông tụ
-32,0m
6,6m
Sét, nâu vàng; dẻo mềm - dẻo cứng
Cát chảy vách hố bồi lấp đáy hố
Đáy hố cọc khoan nhồi
-37,0m
1m

***Hình 4-1:*** *Sơ đồ mô tả sự cố cọc khoan nhồi nền móng Văn phòng Tổng công ty xây dựng Công trình giao thông 6*

0.0M
DD. BETONITE
① -2.0M
Ống chống vách
100mm 100mm
Vách bùn bị trương phình vì $\sigma_{Ban}$ yếu
② CH
Mực nước tính toán để đổ bê tông lần 2 cao 27mét
-20.0
Thực tế chiều cao bê tông đổ lần 2 chỉ cao 27mét do đất vách bị sập vào hố và được hốt ra ngoài
③ CH
Lớp bùn pha ít cát dẻo nhão xám nhập vào bê tông
-32.0M
Chiều cao bê tông đổ vào lần thứ nhất dự kiến cao 9 mét chỉ đạt cao 7 mét
④ CL
4.5m
Chiều cao Bentonite đông tụ lần thứ 2
Chiều cao Bentonite đông tụ lần thứ 1
-46.0M
Φ800mm
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46

***Hình 4-2:*** *Sơ đồ mô tả sự cố cọc khoan nhồi công trình Nhà máy nghiền ximăng Cần Thơ*

Cầu MT cọc số 4 trụ tháp bờ Bắc sự cố: bê tông bị phân tầng ở độ sâu -80m giữa 2 lớp bêtông là lớp đất sét mùn khoan lẫn bentonite. Nguyên nhân chủ yếu xảy ra lúc mưa bão, sự cung cấp bêtông không liên tục dẫn đến khối lượng bêtông đã đổ trước đó bị đông cứng. Sau đó nhà thầu tiếp tục cho đổ bêtông mới vào tạo nên sự không liên tục hay không đồng nhất của khối bêtông trong thân cọc.

## 4.2. NHỮNG HƯ HỎNG DO CÁC SỰ CỐ TRÊN GÂY RA

### 4.2.1. Những hư hỏng ở mũi cọc

Những hư hỏng ở mũi cọc rất thường hay xảy ra do bùn khoan lắng đọng ở đáy hố khoan và đất dưới mũi bị xáo động và bị dẻo nhão do bentonite hấp phụ. Hư hỏng này rất nghiêm trọng đối với cọc được thiết kế làm việc có sự tham gia chịu lực của sức kháng mũi cọc, nhất là cọc có mở rộng chân và có thể đưa tới giảm cường độ nội tại của bê tông mũi cọc hoặc giảm khả năng chịu lực do độ lún nghiêm trọng gây ra. Những hư hỏng này có thể là:

- *Bê tông mũi cọc xốp (sũng nước hoặc lẫn nhiều bùn khoan) làm giảm chất lượng bê tông tại mũi cọc, có thể sửa chữa bằng cách phun vữa ximăng.*

- *Giảm sức kháng mũi cọc: do sự tiếp xúc của mũi cọc với đất nền chịu lực bị gián tiếp bởi lớp bùn lắng đọng ở đáy lỗ khoan, hoặc do sự thay đổi thành phần của đất dưới mũi cọc (bị dẻo nhão do bentonite hấp phụ vào).*

### 4.2.2. Những hư hỏng ở thân cọc

Những hư hỏng ở thân cọc chủ yếu là tính không liên tục của thân cọc như:

- Thân cọc phình ra hoặc dạng rễ cây (làm khối lượng bê tông đúc cọc tăng rất nhiều so với khối lượng bê tông tính toán theo lý thuyết) do sự cố sập thành vách lỗ khoan, hoặc do từ biến của lớp đất yếu dưới tác dụng đẩy của bêtông tươi;

- Thân cọc bị co thắt lại (làm khối lượng bê tông đúc cọc giảm rất nhiều so với khối lượng bê tông tính toán theo lý thuyết) do sự đẩy ngang của đất;

- Có hang hốc, rỗ tổ ong trong thân cọc (làm giảm khả năng chịu tải của cọc theo vật liệu) do sự lưu thông của nước ngầm làm trôi cục bộ bêtông tươi, hoặc do bê tông không đủ độ sụt cần thiết;

- Bê tông thân cọc bị đứt đoạn bởi thấu kính đất nằm ngang hoặc lẫn bùn đất, lẫn vữa bentonite trong thân cọc do có sự cố sập thành vách trong lúc đổ bê tông, hoặc do nhấc ống đổ bê tông lên quá cao;

- Thân cọc tiếp xúc gián tiếp với đất vách bởi lớp áo sét nhão nhớt.

*Các lõi khoan trên được khoan khi siêu âm thấy có hư hỏng*

Những hư hỏng trong bêtông cọc khoan nhồi này là: lẫn bùn đất, lẫn dung dịch bentonite (bê tông có màu vàng nhạt), và tất cả đều bị đứt gãy khi khoan lấy lõi.




*Hình 4-3: Lõi khoan cọc khoan nhồi của cầu MT*

### 4.2.3. Những hư hỏng ở phần trên đầu cọc

Bê tông đầu cọc bị xốp do bọt tạp chất, xi măng nhẹ nổi lên trên mặt bê tông.

## 4.3. CÁC SỰ CỐ THƯỜNG XẢY RA CHO CỌC KHOAN NHỒI

Qua nghiên cứu các công trình đã và đang xây dựng trong vùng đồng bằng sông Cửu Long với sự hỗ trợ của các thiết bị kiểm tra chất lượng hiện có trong và ngoài nước, có thể tổng kết các sự cố chính yếu nhất như sau:

### 4.3.1. Trong công đoạn khoan tạo lỗ

Trong công đoạn này thường xảy ra các sự cố kỹ thuật sau:

• *Vị trí hố khoan bị vướng phải vật cản như các cọc thép, dầm thép hình, cọc bêtông cốt thép hay cấu kiện cứng v.v...* nằm sâu trong lòng đất gây rất nhiều khó khăn cho việc khoan tạo lỗ đôi khi không thể trục vớt các vật cản trên được.

• *Không hạ được ống chống đến cao độ yêu cầu hoặc khoan không xuống*; do gặp đá mồ côi hoặc vật cản khác, v.v... ;

• *Sập thành vách lỗ khoan:* được phát hiện qua việc đo kiểm tra đường kính lỗ khoan; hoặc sự trồi lên đột ngột của đáy lỗ khoan; hoặc khối lượng đổ đầy cọc thực tế lớn hơn rất nhiều lần so với tính toán lý thuyết (theo kích thước cọc), v.v...

• *Dung dịch bentonite đông tụ nhanh và nhiều xuống đáy lỗ khoan:* được phát hiện qua việc đo kiểm tra bề dày của lớp bùn lắng đọng ở đáy lỗ khoan; hoặc từ việc kiểm tra chất lượng của dung dịch (dung dịch bentonite hoá nước) v.v...

• *Lớp màng áo sét bám quanh vách hố khoan quá dày:* được phát hiện qua việc thử tải tĩnh (sức chịu tải do ma sát hông rất thấp), v.v...

### 4.3.2. Trong cấu tạo, gia công và hạ lồng thép

Trong công đoạn này thường xảy ra các sự cố sau:

• Không hạ được lồng cốt thép và lỗ khoan; (do lồng thép bị biến dạng, hoặc uốn cong trong quá trình cẩu lồng thép);

• Ống vách bị lún (do treo lồng thép quá nặng lên ống vách);

• Lồng thép bị ngập trong đất;

### 4.3.3. Trong công đoạn đổ bêtông đúc cọc

Trong công đoạn này thường xảy ra các sự cố sau:

• Tắc nghẽn bê tông trong ống;

• Mực bê tông bị hạ xuống khi rút ống vách lên;

• Hoặc khi rút ống vách làm kéo theo cả khối bê tông và phần cọc dưới ống vách cũng bị lồng thép kéo lên theo, hoặc tạo vòng rỗng trong bêtông;

• Bê tông thân cọc bị phân tầng, rỗ và có vật lạ (như: thấu kính bùn, đất, vữa bentonite, v.v...), được phát hiện qua việc đo chất lượng cọc (siêu âm, khoan lấy mẫu, v.v...).

## 4.4. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY RA SỰ CỐ CHO CỌC KHOAN NHỒI

### 4.4.1. Trong công đoạn tạo lỗ

#### *4.4.1.1. Sự cố không hạ được ống chống đến cao độ yêu cầu hoặc khoan không xuống*

Nguyên nhân gây ra sự cố như đã nêu trong mục 2.4.2.1. Gặp sự cố này có thể dùng loại gầu khoan thích hợp để phá vật cản này rồi tiếp tục hạ tiếp, hoặc dùng các thiết bị khoan

cắt, trục vớt vật cản lên. Đối với những trường hợp đặc biệt không thể trục vớt vật cản lên được phải dịch chuyển vị trí cọc khoan nhồi hoặc thay phương án cọc khoan nhồi bằng loại móng cọc khác.

#### *4.4.1.2. Sự cố sập thành vách hố khoan*

Sự cố sập thành vách hố khoan có thể do các nguyên nhân chính sau:

*a) Khi khoan gặp tầng đất quá yếu, lại không có ống vách*

Tầng đất quá yếu có: Môđun biến dạng $E_0 < 50$ kG/cm$^2$, góc ma sát trong $\varphi_0 < 10°$, hệ số nén a > 0,05cm$^2$/kg, độ sệt B > 0,75, sức kháng xuyên mũi $q_c \leq$ 4kG/cm$^2$, chỉ số xuyên tiêu chuẩn của đất $N \leq 4$.

Qua kinh nghiệm thi công cọc khoan nhồi ở vùng đồng bằng sông Cửu Long cho thấy với đặc điểm các tầng đất yếu như nêu ở trên đều ở trạng thái dẻo chảy đến chảy. Vì vậy, khi khoan tạo lỗ sẽ dễ gây ra hiện tượng sập thành vách nếu không có ống vách mặc dù có dùng dung dịch bentonite để giữ ổn định. Do vậy, trong quá trình khoan cần kiểm tra lại địa chất để đối chiếu với số liệu thí nghiệm, để có giải pháp xử lý kịp thời, chẳng hạn như điều chỉnh lại chiều dài ống vách;

*b) Các chỉ tiêu kỹ thuật của dung dịch bentonite không thích hợp với địa tầng cần khoan*

Do mỗi loại đất có tính chất cơ lý hoá khác nhau, cũng như sự khác nhau về thành phần và loại của dung dịch bentonite. Cần thường xuyên kiểm tra và điều chỉnh các chỉ tiêu kỹ thuật của dung dịch (khối lượng riêng, độ nhớt, hàm lượng cát, tỷ lệ chất keo, lượng mất nước, lực cắt tĩnh, tính ổn định và trị số pH) cho phù hợp với các quy định vì chúng có ảnh hưởng rất lớn đến việc giữ ổn định lỗ khoan.

*c) Áp lực thủy động trong tầng cát, cát pha sét quá lớn*

Khi khoan gặp tầng cát có chứa nước ngầm với áp lực lớn, nước ngầm có áp này sẽ chảy vào trong hố khoan mang theo đất cát ở vách hố khoan (hiện tượng cát chảy làm cho hố khoan tại tầng này rộng ra, có thể kéo theo các tầng phía trên bị sụp. Nếu gặp sự cố này nên đưa ống vách qua tầng này, hoặc dùng biện pháp hạ mực nước ngầm trước khi khoan. Hoặc,

*d) Do chọn kỹ thuật, thiết bị khoan không phù hợp với đất nền*

Do tốc độ khoan quá nhanh vữa bentonite chưa kịp hấp phụ vào thành vách, hoặc việc nâng hạ gầu khoan quá nhanh gây hiệu ứng Pitông dẫn đến sập thành vách hố khoan. Để tránh sập vách cần phải chọn loại khoan thích hợp với thao tác khoan nhẹ nhàng, tránh những động tác đột ngột. Hoặc,

*e) Do hạ lồng thép va vào thành vách lỗ khoan*

Khi hạ lồng thép nhanh có thể va vào thành vách hố khoan dẫn đến sập vách lỗ khoan. Do đó, cần phải hạ lồng thép nhẹ nhàng và đúng tâm hố khoan để tránh sập vách. Hoặc,

*f) Do thời gian giãn kéo dài giữa khâu khoan tạo lỗ và đổ bê tông cũng gây ra sự cố sập vách lỗ khoan.*

#### *4.4.1.3. Sự cố do dung dịch bentonite đông tụ nhanh và nhiều xuống đáy lỗ khoan*

Sự cố kỹ thuật này có thể do việc chọn dung dịch bentonite không phù hợp với điều kiện đất nền, chẳng hạn như:

(1) Nếu dung dịch bentonite chứa nhiều khoáng chất sét kaolinit thì dung dịch sẽ đông tụ mạnh.

(2) Nếu độ pH < 7 hay nước từ lợ đến mặn thì khả năng đông tụ (phân hủy) dung dịch khoan sẽ xảy ra. Ngoài ra, còn có nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến hiện tượng đông tụ của dung dịch.

#### *4.4.1.4. Sự cố do lớp màng áo sét bám quanh vách hố khoan quá dày*

Do độ nhớt của dung dịch bentonite tăng làm bề dày lớp màng áo sét tăng theo (4mm), nguy hại hơn do màng áo sét này ở trạng thái nhão nhớt. Dẫn đến việc giảm ma sát hông giữa cọc và đất rất nhiều gây giảm khả năng chịu lực của cọc.

### 4.4.2. Trong cấu tạo, gia công và hạ lồng thép

- *Không hạ được lồng cốt thép và lỗ khoan:* do lồng thép bị biến dạng (uốn cong trong quá trình cẩu lắp lồng thép). Do vậy, khi chế tạo cần tính toán đến biến dạng của lồng thép, bố trí móc cẩu phù hợp để tránh sự cố này, hoặc nắn lại lồng thép và bố trí thêm móc cẩu để tránh biến dạng.

- *Ống vách bị lún*: do treo lồng thép, trọng lượng lồng thép tương đối nặng là lún ống. Khi đó có thể gia cường chống lún cho ống vách hoặc không treo lồng thép lên ống nữa để tránh lún ống.

- *Lồng thép bị ngập trong đất*: Theo quy định, khi lồng thép chạm đáy thì nâng lên 5-10cm. Điều này khó thực hiện vì khoảng cách quá nhỏ cho việc điều khiển tời. Hơn nữa do lồng thép nặng nên khi chạm đáy đã lún vào nền, nên khi nâng hạ lồng thép trên thì lồng thép vẫn ngập trong đất. Vì vậy cần tuỳ theo điều kiện cụ thể để điều chỉnh khoảng cách này.

### 4.4.3. Trong công đoạn đúc cọc

- *Tắc nghẽn bê tông trong ống:* Do hiện tượng hiệu ứng vòm khi bê tông được giữ ở mức quá cao trong ống chống làm cho bê tông không trào lên được gây tắc nghẽn. Khi đó cần phải nâng ống dẫn bêtông lên, nhưng ống vẫn phải ngập trong bêtông ít nhất 2m, quy định là từ 2m đến 5m.

- *Mực bê tông bị hạ xuống khi rút ống vách lên*: Do tầng đất yếu (khi rút qua tầng đất yếu này) bị từ biến dưới áp lực của bêtông tươi làm tăng thêm thể tích của bêtông (cọc bị phình ra).

- *Cả khối bê tông trong ống chống bị kéo lên khi rút ống vách lên*: Do bê tông ninh kết quá sớm, nó sẽ bám chặt vào ống vách. Vì vậy, khi rút ống vách làm kéo theo cả khối bê tông và phần cọc dưới ống vách cũng bị lồng thép kéo lên theo, hoặc tạo vòng rỗng trong bêtông.

• *Bê tông thân cọc bị phân tầng, rỗ tổ ong và có vật lạ (như: thấu kính bùn, đất, vữa bentonite, v.v...):* Sự cố này có thể do các nguyên nhân chính sau:

+ Do thiết bị đổ bêtông không thích hợp hoặc tình trạng làm việc xấu;

+ Do việc đổ bê tông không liên tục, hoặc do sự rút ống dẫn bê tông lên quá mạnh (độ ngập của ống dẫn bêtông trong bêtông không đảm bảo yêu cầu) sẽ làm lẫn bùn khoan trong bê tông;

+ Do sử dụng bê tông có thành phần không thích hợp, độ sụt không đạt yêu cầu làm bê tông rỗ hoặc phân tầng;

+ Do sự lưu thông nước ngầm làm trôi vữa xinăng, chỉ còn lại cốt liệu (bêtông bị rỗ);

+ Do có sự cố sập thành vách hố khoan trong lúc đổ bê tông làm lẫn đất sập vào bê tông.

+ Khi gặp sự cố này có thể khoan rửa sạch rồi bơm vữa xi măng vào.

## 4.5. CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ CÁC SỰ CỐ THƯỜNG XẢY RA CHO CỌC KHOAN NHỒI

Trên cơ sở nghiên cứu các nguyên nhân gây ra sự cố ở trên và bản chất của các nguyên nhân, đưa ra một số giải pháp xử lý các sự cố như sau:

### 4.5.1. Giải pháp về việc sử dụng ống vách để giữ ổn định vách hố khoan cho cọc khoan nhồi

Ống vách giữ ổn định thành vách hố khoan trong quá trình thi công cọc khoan nhồi. Để sử dụng nó một cách có hiệu quả, ta cần phải xét qua về cấu tạo, đặc điểm sử dụng và tính toán thiết kế nó.

#### *4.5.1.1. Đặc điểm sử dụng ống vách để giữ ổn định vách lỗ khoan*

*Yêu cầu:* ống vách phải tròn, kín, đảm bảo độ bền, độ cứng của ống trong quá trình vận chuyển và hạ ống.

• *Chức năng:*

+ Định hướng lỗ khoan;

+ Giữ ổn định vách hố khoan khi khoan qua các địa tầng đất yếu, cát chảy, các địa tầng có nước chảy ngầm và có xuyên qua tầng cát sét;

+ Giữ dung dịch tạo cột áp lực trong quá trình khoan;

+ Làm ván khuôn đổ bê tông tạo cọc.

• *Vật liệu làm ống vách:* bằng thép hoặc Composite.

Hiện nay, hầu hết các công trình đều sử dụng ống vách bằng thép để giữ ổn định vách lỗ khoan, bởi nó có ưu điểm là dễ gia công chế tạo, độ bền và độ cứng cao, giá thành rẻ, nhưng nó dễ bị gỉ, bị ăn mòn và trọng lượng của nó nặng gây khó khăn cho việc vận chuyển và thi công.

#### *4.5.1.2. Xác định kích thước và tính toán ống vách*

Đường kính trong, chiều dày và chiều dài ống vách phải chọn sao cho đảm bảo về mặt độ bền, cường độ; phù hợp với đường kính cọc, đường kính ngoài của đầu khoan và đặc điểm địa hình, địa tầng nơi thi công, có thể chọn như sau:

*a) Đường kính và độ dày ống vách*

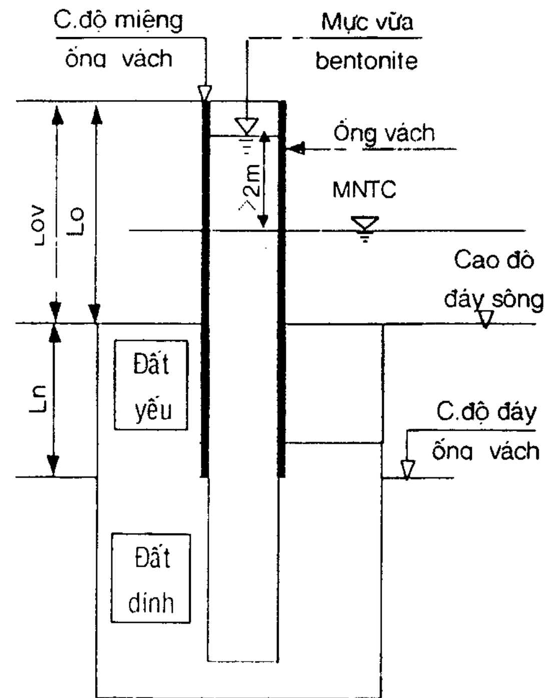
- Đường kính trong ống vách: $D_{tr} = D_{nk} + (60 \div 150)(mm)$; hoặc $D_{tr} = 1.1 \times D_{nk}$.

Trong đó:

$D_{tr}$ : đường kính trong của ống vách;

$D_{nk}$: đường kính ngoài của đầu khoan;

60 ÷ 150mm, 1,1, mục đích dùng để điều chỉnh độ nghiêng lệch khi cần thiết, đặc biệt ở nơi có bùn xô, cát chảy và nơi có nước mặt như công trình cầu cảng thì ống dễ bị nghiêng lệch.




*Hình 4-4*

Chiều dày: $\delta_t = (1 \div 1{,}5)\% D_{tr}$ hoặc:

$\delta_t = 9 \div 16$mm khi $D_{tr} \leq 100$cm.

$\delta_t = 16 \div 40$mm khi $D_{tr} > 100$cm.

Trong đó:

$\delta_t$: chiều dày ống vách.

*b) Chiều dài ống vách:*

*Nơi có nước mặt: như công trình cầu, cảng* có thể chọn chiều dài ống vách dựa vào các yêu cầu sau:

+ Cao độ miệng ống vách cao hơn mực nước thi công (MNTC) là 2m.

+ Cao độ đáy ống vách nằm trong tầng đất dính có góc ma sát trong $\varphi \geq 10°$, độ sệt $B \leq 0{,}75$ hoặc sức kháng xuyên mũi $q_c \geq 4kG/cm^2$. Với chiều dày ngàm trong tầng này sao cho ống không bị lún thì chiều dài ống có thể tính theo công thức:

$$L_{0v} = L_n + L_0 + 2m$$

Trong đó:

$L_{0v}$: Chiều dài ống nhỏ nhất của ống vách, (m);

$L_0$ : Chiều cao tính từ MNTC đến đáy sông, (m);

$L_n$ : Chiều dài ngàm của ống vách, (m), có thể sơ bộ chọn $L_n$ thông qua việc chọn cao độ đáy ống vách ngàm vào tầng chịu lực không thấm nước từ 0,5 ÷ 2m:

Sau khi chọn được $L_{0v}$, ta kiểm tra điều kiện lún ống:

$$P_{giữ} = P_{dn} + u\Sigma l_i f_i \geq \eta P_{0v} = P_{gâylún}.$$

Trong đó:

$\eta$: hệ số an toàn , $\eta = 1,5$;

$P_{0v}$, $P_{dn}$ : Trọng lượng và lực đẩy nổi ống vách, T;

$u = \pi \times D_n$: Chu vi ngoài của tiết diện ngang ống vách, m;

$D_n$: đường kính ngoài của ống vách, m;

$l_i$: Chiều dài của lớp đất thứ i tiếp xúc với mặt hông của ống vách, m;

$f_i$: Sức chống tính toán của lớp đất thứ i lên mặt hông của ống, T/m$^2$.

*Nơi chỉ có nước ngầm: đối với các móng cọc khoan nhồi trên cạn*

Có thể chọn chiều dài ống vách dựa vào các yêu cầu sau:

+ Cao độ đỉnh ống vách cao hơn mặt đất thi công (MĐTC) là 0,5m và cao hơn mực nước ngầm tối thiểu là 2m.

+ Cao độ đáy ống vách nằm cách MĐTC từ 2 ÷ 4m ở nơi đất tốt để tránh sạt lở miệng hố khoan do thiết bị và phương tiện đi lại gần hố khoan và không cho bùn đất rơi vào hố khoan;

+ Cao độ đáy ống vách nằm trong tầng đất có góc ma sát trong $\varphi \geq 10°$, độ sệt $B \leq 0,75$ hoặc sức kháng xuyên mũi $q_c \geq 4$kG/cm$^2$. Với chiều dày ngàm trong tầng này sao cho ống không bị lún.

Tính toán chiều dài ống vách tương tự như trên.

### 4.5.2. Nhận xét

Giữ ổn định vách hố khoan bằng ống vách là một trong những giải pháp rất đáng tin cậy nhất hiện nay, nhưng chi phí lại cao. Do đó, chỉ sử dụng nó trong những trường hợp thật cần thiết, có thể kết hợp ống vách và dung dịch bentonite để giữ ổn định vách lỗ khoan.

## 4.6. GIẢI PHÁP GIỮ ỔN ĐỊNH THÀNH VÁCH HỐ KHOAN CỌC KHOAN NHỒI BẰNG DUNG DỊCH BENTONITE

Dung dịch bentonite gồm có sét, nước và một số chất phụ gia, dùng để giữ ổn định cho vách hố khoan khi không có ống vách hoặc kết hợp với ống vách.

### 4.6.1. Thành phần khoáng vật của dung dịch bentonite

Đặc tính quan trọng nhất của dung dịch bentonite là thành phần ba nhóm khoáng vật sét gồm:

1. Montmorillonite($Al_2O_3.4SiO_2.nH_2O$);

2. Ilit ($Al_2O_3.1SiO_3.1H_2O$);

3. Kaolinit ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$).

### 4.6.2. Các đặc điểm cơ bản của các khoáng sét được trình bày như sau

**Đặc điểm cơ bản của các loại khoáng sét**

| Khoáng sét | Chiều dày hạt sét (Ao, Amstron) | Tổng diện tích mặt ngoài($m^2/g$) | Hoạt tính mặt ngoài($kG/cm^2$) |
|---|---|---|---|
| Montmorillonite | 10 ÷ 50 | 800 | 1,5 ÷ 7,2 |
| Ilit | 50 ÷ 500 | 80 | 0,9 |
| Kaolinit | 100 ÷ 1000 | 10 | 0,4 |

Qua bảng trên, có thể nhận thấy khả năng đông tụ của dung dịch bentonite phụ thuộc vào chiều dầy hạt sét, chiều dày hạt sét càng lớn thì khả năng đông tụ càng mạnh, kaolinit đông tụ mạnh nhất, kế đến là ilit và ít nhất là montmorillonite. Như vậy dung dịch bentonite có chứa nhiều khoáng sét kaolinit thì khả năng đông tụ càng mạnh.

### 4.6.2. Các đặc điểm của dung dịch bentonite có thể ảnh hưởng đến sự mất ổn định cho cọc khoan nhồi

Với thành phần như nêu ở trên, nên dung dịch bentonite có những đặc điểm nổi bật như sau:

*- Dung trọng của dung dịch bentonite $\gamma_{ben} > 1g/cm^3$:*

Dung trọng của dung dịch bentonite thay đổi từ $\gamma_{ben} = 1,02 \div 1,5g/cm^3$ tùy thuộc vào hàm lượng của bentonite có trong dung dịch (từ 6 ÷ 14), tạo ra một áp lực lớn hơn áp lực thủy tĩnh của nước ngầm trong hố khoan, được dùng để giữ ổn định vách lỗ khoan. Tùy từng loại đất và mực nước ngầm mà có thể chọn ben thích hợp, nếu chọn không phù hợp ($\gamma_{ben} < \gamma_{ben\ yêu\ cầu}$) thì sẽ gây ra sự cố sập vách lỗ khoan.

*- Tính huyền phù và độ nhớt:*

Tính huyền phù là do phản ứng vật lý giữa các hạt khoáng sét mang điện tích cùng dấu đẩy nhau trong môi trường nước (lượng bentonite, khoảng 6 ÷14%). Nhờ tính huyền phù này mà các hạt đất do vách lở sẽ nằm lơ lửng trong dung dịch, tránh được hiện tượng lắng đọng bùn đất ở đáy hố khoan.

Độ nhớt cho phép của dung dịch 18 ÷ 45s. Nếu độ nhớt giảm thì sẽ xảy ra hiện tượng bùn đất lắng dọng ở đáy hố khoan và vách hố khoan bị sạt lở do tính keo nhớt không đủ khả năng liên kết giữ các hạt đất rời lại, ngược lại độ nhớt tăng thì hiện tượng lắng đọng bùn đất giảm nhưng chiều dày của lớp màng áo sét tăng (4mm) làm thành vách hố khoan dễ sạt lở và giảm ma sát hông; vữa bentonite bám dính cốt thép nhiều-làm giảm khả năng dính bám giữa cốt thép và bê tông.

- *Tính chất xúc biến:*

Thể hiện qua khả năng đông kết nhanh khi để yên và hoà tan nhanh khi có tác động cơ học, được đặc trưng bằng ứng suất cắt tĩnh sau khi để yên, xác định bằng lực lế tĩnh. Tính chất này nhằm giúp cho thành vách ổn định và thuận tiện trong quá trình khoan

- *Lượng mất nước:*

Trị số lượng mất nước cho phép $10 \div 25cm^3$ sau 30phút. Nếu lớn hơn sẽ thay đổi tính chất của dung dịch (độ nhớt tăng) và tạo ra một lớp áo sét dày > 4mm trong hôkhoan dễ bị bong làm thành vách lỗ dễ bị sập lở và làm giảm ma sát thành giữa cọc - đất vách.

- *Tính ổn định (độ phân tầng):*

Độ phân tầng cho phép nhỏ hơn $4 \div 8\%$ sau 24giờ. Nếu lớn hơn sẽ làm thay đổi tính chất của dung dịch ($\gamma_{ben}$ giảm làm sập vách lỗ khoan) và xảy ra hiện tượng đông tụ dung dịch bentonite xuống đáy hố khoan.

- *Độ pH của dung dịch bentonite:*

Độ pH đặc trưng cho tính axít hay bazơ của dung dịch khoan, nó có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng dung dịch, vì nó tham gia, tác động đến các phản ứng hóa học Độ pH cho phép từ $7 \div 9$.

Khi độ pH =10 thì bắt đầu thể hiện ảnh hưởng của xi măng. Nếu độ pH > 11 thì tính nhớt và mất nước tăng lên, như vậy, dung dịch không còn đảm bảo yêu cầu. Độ pH < 7 hay nước từ lợ đến mặn thì khả năng đông tụ (phân hủy) dung dịch khoan sẽ xảy ra.

Tóm lại: nếu các đặc điểm cơ bản như: ($\gamma_{ben}$, độ nhớt, độ pH không đạtyêu cầu thì sẽ gây ra sự cố cho cọc khoan nhồi như: sập vách lỗ khoan, giảm ma sát hông, giảm khả năng dính bám giữa cốt thép - bêtông và có lắng đọng (đông tụ) bùn đất - bentonite ở đáy lỗ khoan.

### 4.6.3. Các giải pháp xử lý các vấn đề mất ổn định

Tuỳ theo phương pháp thi công, loại địa tầng và mực nước ngầm, mà ta nên chọn ($\gamma_{ben}$, độ nhớt, độ pH và các chỉ tiêu tính năng khác của dung dịch bentonite theo Phụ lục d- của Tiêu chuẩn TCXD 206 : 1998.

Dung trọng $\gamma_{ben}$ có thể chọn theo điều kiện cân bằng ổn định vách hố khoan như sau:

Phương trình cân bằng tại một điểm bất kỳ trên vách lỗ khoan:

$$\Sigma \text{ áp lực đẩy} = \Sigma \text{ áp lực giữ}$$

$\Sigma$ áp lực đẩy bao gồm: áp lực tĩnh của mực nước ngầm ($\gamma_w.z_n$), áp lực chủ động của đất ($\sigma_x$);

Σ áp lực giữ bao gồm: áp lực tĩnh của cột bentonite ($\gamma_b.z_b$), lực kháng cắt cấu trúc của lớp áo sét ($\tau_s$);

hay: $$\sigma_x + \gamma_w.z_n = \gamma_b.z_b + \tau_s \qquad (4.1)$$

$$\Rightarrow \gamma_b = \frac{\sigma_x + \gamma_w.z_n - \tau_s}{z_b} \qquad (4.2)$$

Trong đó:

$\gamma_b$, $z_b$: dung trọng và chiều cao của cột vữa bentonite;

$\gamma_w$, $z_n$: dung trọng và chiều cao của mực nước ngầm;

với: $\xi = {}^{\nu}/_{(1-\nu)}$ ; $\sigma_z = k_a.\gamma.z$ ; $k_a = tg^2(45° - \frac{\varphi}{2})$;

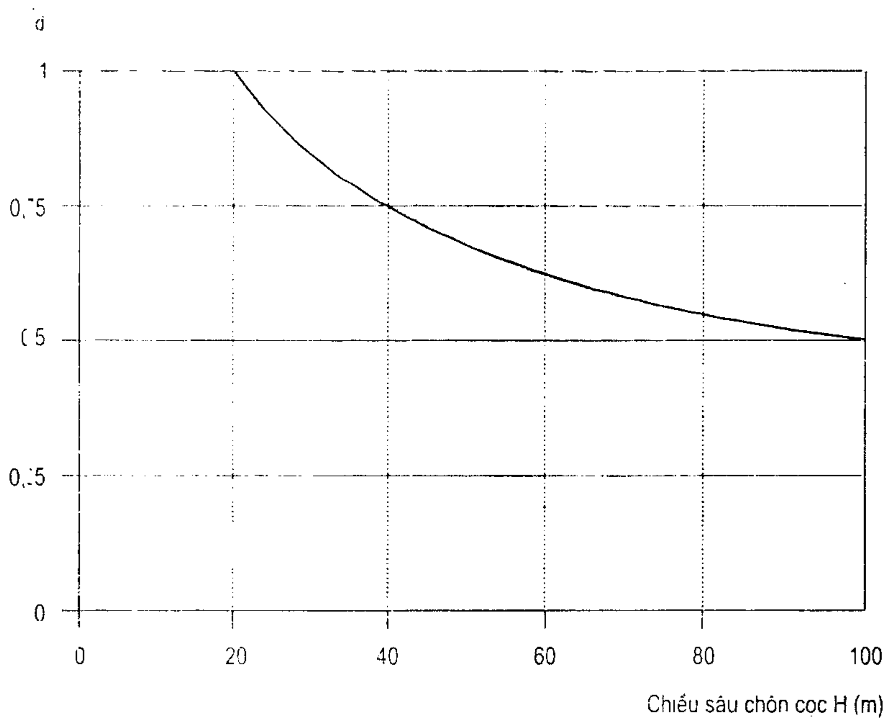
$$\sigma_x = \xi.\sigma_z = \xi.k_a.\gamma.z = \frac{\nu.\gamma.z.tg^2(45^0 - \frac{\varphi}{2})}{1-\nu} \qquad (4.3)$$

ν: hệ số poisson;

γ, φ, z: dung trọng, góc ma sát trong và chiều cao của cột đất;

$$\tau_s = \gamma_{dn} z_b\, tg\varphi' + c' = (\gamma - 1)z_b\, tg\varphi' + c' \qquad (4.4)$$

Với: γ, $\gamma_{dn}$, φ', c': dung trọng tự nhiên, đẩy nổi, góc ma sát trong và lực dính của lớp áo sét;




*Hình 4.5*

*Đối với đất vách là đất cát*: c', φ' của áo sét có thể được tính đổi từ giá trị $c_u$, φ của đất cát ban đầu như sau:

+ c' có thể lấy bằng giá trị trung bình của lực dính ban đầu ($c_u$) và lực dính (s) do đất nền hấp phụ bentonite:

$$c' = (c_s + c_u)/2 \quad (4.5)$$

Thông thường $c_s = 2c_u$

$$\Rightarrow \quad c' = 1{,}5c_u \quad (4.6)$$

φ' có thể lấy bằng góc ma sát trong của đất sét ($\varphi_d$), hoặc:

$$\varphi' = \varphi - 3^0 + 3\,D; \text{ (theo Bolton 1984)} \quad (4.7)$$

D: là độ chặt tương đối của cát;

*Đối với đất vách là đất sét*: do độ ẩm tăng lên nên c', φ' của áo sét đều nhỏ hơn giá trị $c_u$, φ của đất sét ban đầu, lực dính của lớp áo sét rất nhỏ có thể xem như bằng 0 ($c_s = 0$ ). c', φ'có thể xác định như sau:

c' có thể tính theo công thức sau:

$$c' = \alpha.c_u.r_d \quad (4.8)$$

α: hệ số chiết giảm lực dính, có thể lấy 0.55;

$c_u$: Lực dính không thoát nước ban đầu của đất nền;

$r_d$: hệ số chiết giảm phụ thuộc vào chiều sâu cọc.

φ' có thể lấy bằng góc ma sát trong của đất sét ($\varphi_d$), hoặc:

$$\varphi' = \varphi - 3° \quad (4.9)$$

*Đối với sự cố bùn đất-bentonite lắng đọng ở đáy hố khoan (do khoáng vật sét, độ nhớt, độ pH... ):*

Khoáng vật sét của bentonite: cần kiểm tra chất lượng và nên chọn có nhiều khoáng vật montmorilonit để tránh hiện tượng đông tụ vữa bentonite.

Độ nhớt thích hợp: phụ thuộc vào phương pháp thi công, loại địa tầng và mực nước ngầm. Nó đã được nghiên cứu từ lý thuyết đến thực tiễn và tổng kết như bảng 4-19. Nếu độ nhớt giảm thì có thể thêm 1 ÷ 2% bentonite hoặc 0,05÷2% chất phụ gia (CMC là loại bột do xử lý hoá học chất thải của công nghiệp giấy mà có, gồm carthyl, cellulose, và một số chất khác có gốc Na, Mg...; $Na_2CO_3$;...) để tăng độ nhớt của dung dịch bentonite.

Nếu độ pH giảm <7 do bị trung hoà bởi nước ngầm làm cho dung dịch bị đông tụ thì nên cho thêm vào dung dịch bentonite hoá chất điều giải (HCl, ...) tăng độ pH lên trong khoảng 7÷9.

**Trị số độ nhớt thích hợp của dung dịch**

| Tình hình địa chất công trình | | P.Pháp sử dụng dung dịch | Tầng đất | Độ nhớt thích hợp 500÷700cc, S | Biện pháp | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Khi độ nhớt thấp | Khi độ nhớt cao |
| Khi điều kiện công trình rất bình thường | Nước ngầm ít | PP tuần hoàn | Cát mịn | 23-27 | Thêm 1÷2% bentonite hoặc 0.05÷2% chất phụ gia CMC | Thêm 0.05-0.1% chất giảm nước, hoặc thêm nước |
| | | | Cát trung-to | 28-35 | | |
| | | | Cuội sỏi | 37-45 | | |
| | | PP tĩnh | Cát mịn | 24-28 | | |
| | | | Cát trung-to | 32-40 | | |
| | | | Cuội sỏi | 45-55 | | |
| | Nước ngầm nhiều | PP tuần hoàn | Cát mịn | 23-35 | Thêm 1% bentonite đồng thời thêm 0.1÷0.2% chất phụ gia CMC | Thêm 0.1-0.2% chất giảm nước, thêm nước không thích hợp nữa |
| | | | Cát trung-to | 33-40 | | |
| | | | Cuội sỏi | 55-65 | | |
| | | PP tĩnh | Cát mịn | 23-35 | | |
| | | | Cát trung-to | 37-45 | | |
| | | | Cuội sỏi | 70-80 | | |

*Đối với sự cố giảm ma sát hông:* do độ nhớt giảm làm cho lớp áo sét trở nên nhão nhớt dẫn đến giảm ma sát dính giữa cọc-đất, khi đó cần có biện pháp tăng độ nhớt của dung dịch như nêu ở trên.

*Đối với sự cố giảm dính bám giữa cốt thép và bêtông:* do độ nhớt tăng làm vữa bentonite dính bám nhiều vào cốt thép, khi đó cần có giải pháp làm giảm độ nhớt của dung dịch như thêm nước vào dung dịch.

## 4.7. CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA CÁC LOẠI ĐẤT THƯỜNG GÂY RA SỰ CỐ CHO CỌC KHOAN NHỒI VÀ GIẢI PHÁP XỬ LÝ

### 4.7.1. Tính hấp phụ của keo đất

Hấp phụ là một trong những biểu hiện rõ rệt về khả năng đặc biệt của các hạt sét. Sự hấp phụ được chia làm 5 loại như sau:

*4.7.1.1. Hấp phụ cơ học*

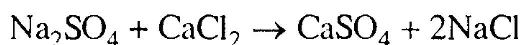
Là khả năng giữ lại các hạt lơ lửng trong nước (dd bentonite) khi nó thấm qua đất. Loại hấp phụ này đặc trưng cho đất cát, nó phụ thuộc vào độ rỗng, tỷ lệ các cấp phối hạt của cấu trúc đất và thể hiện ở khả năng giữ lại các hạt hoà lẫn trong dung dịch khi dung dịch thấm qua.

*4.7.1.2. Hấp phụ lý học*

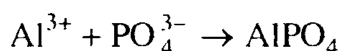
Hấp phụ lý học hay *khả năng hút lý học* của đất, đặc trưng khả năng hút các vật chất xung quanh do bề mặt tự do trên mặt tiếp xúc giữa các hạt đất với dung dịch bentonite hình thành các màng hấp phụ và tạo sức căng bề mặt ảnh hưởng đáng kể đến độ ổn định của đất vách hố khoan.

*4.7.1.3. Hấp phụ hoá học*

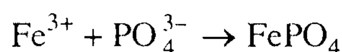
Đặc trưng khả năng giữ lại trên bề mặt của hạt đất các chất hoà tan ở dạng kết tủa không tan hoặc tan bằng các phản ứng hoá học xảy ra trong dung dịch đất tạo ra các muối ít tan trong môi trường axit từ các chất ban đầu là $Ca^{2+}$, $SO_4^{2-}$, $Fe^{3+}$, $PO_4^{3-}$. Các phản ứng hóa học như sau:



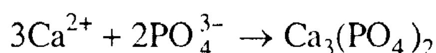
$$Na_2SO_4 + CaCl_2 \rightarrow CaSO_4 + 2NaCl$$



$$Al^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow AlPO_4$$



$$Fe^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow FePO_4$$



$$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

*7.4.1.4. Hấp phụ lý-hoá học (hấp phụ trao đổi)*

Tính chất này thể hiện qua phản ứng lý - hoá học giữa keo đất với ion trong dung dịch đất. Đất có thể trao đổi những cation bị hút đến bề mặt các hạt nhỏ từ trước (như $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Na^{+}$, v.v...) lấy những cation của dung dịch đang sắp tiếp xúc với nó trên cơ sở tương quan về đương lượng dẫn đến sự thay đổi rõ rệt các tính chất cơ lý của đất tùy thuộc vào thành phần vật chất có trong dung dịch đất. PH càng lớn thì hấp phụ càng mạnh

*4.7.1.5. Hấp phụ sinh học*

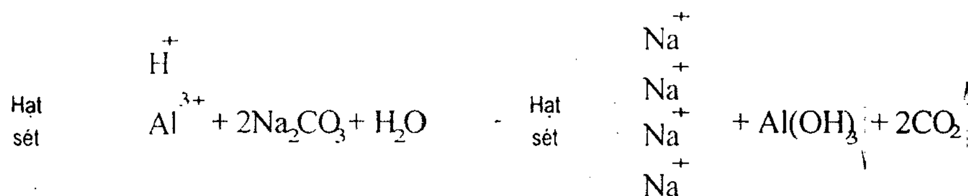
Là hấp phụ làm cho đất (thổ nhưỡng) giàu những chất tính lũy được trong quá trình hoạt động sống của các vi sinh vật, Nó là yếu tố quan trọng của quá trình tạo thành thổ nhưỡng và cũng có ảnh hưởng lớn đến tính chất của đất.

*Tóm lại:* Các loại hấp phụ trên không xảy ra riêng lẻ từng loại, mà chúng xảy ra cùng một lúc. Độ pH càng lớn thì khả năng hấp phụ càng mạnh. Trong đất cát, chủ yếu chỉ xảy ra hấp phụ cơ học và lý học; trong đất sét mềm thì hấp phụ lý học và lý-hoá học là chủ yếu, tạo thành lớp áo sét tương đối mỏng, còn đối với đất sét cứng thì chủ yếu là quá trình trao đổi ion ở chỗ tiếp giáp giữa vữa bentonite va đất vách, tạo thành một lớp màng áo sét rất mỏng.

### 4.7.2. Các đặc điểm của các loại đất sét yếu thường gây ra sự cố cho cọc khoan nhồi và giải pháp xử lý

Đặc điểm địa chất vùng đồng bằng ở nước ta đặc biệt là ở đồng bằng sông Cửu Long đều xuất hiện lớp đất yếu dạng bùn sét với chiều dày từ 15 đến 30m, trong các hoạt động thi công đào hố khoan hạ cọc khoan nhồi đều phải xuyên qua tầng đất nêu trên. Nếu trong đất đào tồn tại các cation có khả năng hấp phụ và trao đổi cation càng yếu (tức là cation có hoá trị nhỏ, nồng độ thấp, độ pH thấp và bán kính hydrad hoá lớn) thì khả năng lắng đọng bùn đất xuống đáy hố khoan càng cao.

Nếu trong đất đào có càng nhiều chất $CaCl_2$ và $Na_2CO_3$ thì khả năng đông tụ bentonite càng mạnh xuống đáy hố khoan theo phản ứng sau:




Nếu trong đất có nhiều khoáng sét Kaolinite thì sẽ làm tăng khoáng này trong dung dịch bentonite dẫn đến đông tụ nhiều bentonite xuống đáy lỗ khoan. Trường hợp trong đất có nhiều khoáng sét Montmorillonite thì sẽ làm các tính năng của dung dịch bị thay đổi và nhất là khi độ nhớt tăng càng cao thì bề dày của bentonite bám quanh cốt thép (nhất là thép gân) càng lớn.

** Các giải pháp xử lý các sự cố:*

- Giải pháp để khắc phục hiện tượng lắng đọng bùn đất do khả năng hấp phụ và trao đổi cation yếu, là thêm vào dung dịch khoan hoá chất có cation hoá trị cao hoặc nồng độ cao hoặc tăng độ pH, v.v...

- Giải pháp khắc phục hiện tượng đông tụ bentonite do đất có nhiều $CaCl_2$ và $Na_2CO_3$: thêm vào dung dịch khoan hoá chất để trung hoà bớt 2 chất trên.

- Giải pháp khắc phục hiện tượng đông tụ bentonite trong đất có nhiều khoáng sét kaolinite, có thể là sau thời khoan thay dung dịch bentonite mới.

- Giải pháp để khắc phục hiện tượng bentonite bám quanh cốt thép quá dày do trong đất có nhiều khoáng sét montmorillonite (độ nhớt tăng), có thể thêm nước vào dung dịch bentonite để gảm độ nhớt.

### 4.7.3. Nghiên cứu các đặc điểm của các loại đất cát thường gây ra sự cố cho cọc khoan nhồi và giải pháp xử lý

Lấy ví dụ xét sự phân bố tầng địa chất vùng đồng bằng sông Cửu Long thường nhận thấy rằng tầng đất cát có mặt ở hầu hết các vùng, nằm bên dưới tầng đất yếu và xen lẫn với các

tầng đất sét, xuất hiện ở các trạng thái từ chặt đến xốp rời, với các tên gọi theo thành hạt như cát to đến cát bụi.

#### *4.7.3.1. Đặc điểm của các loại đất cát thường gây ra sự cố cho cọc khoan nhồi*

- Đặc điểm chung của các loại đất cát là: thành phần hạt dạng cấp phối, các hạt rời rạc không liên kết với nhau, độ rỗng tương đối lớn và thường trong tầng cát có chứa nước ngầm đến nước áp lực.

- Do vậy, thành vách đào trong tầng cát thường sạt lở (không ổn định) và nhất là khi trong tầng cát có nước ngầm có áp, khi đó sẽ xuất hiện hiện tượng cát chảy.

- Đối với tầng cát rời xốp thì dễ gây ra sự cố cho cọc khoan nhồi như: thành vách hố khoan bị sạt lở, thân cọc bị phình, có dạng rễ cây.

*Ảnh hưởng của hiện tượng cát chảy:*

Do dòng bùn cát chảy vào trong hố khoan dưới tác dụng của lực thủy động và đặc biệt là nước có áp làm cho vách hố khoan bị sạt lở rộng ra và có thể làm sập tầng đất khác bên trên. Để có đề ra các giải pháp xử lý thích hợp ta cần điểm qua về quy luật, điều kiện phát sinh hiện tượng cát chảy.

*Điều kiện phát sinh hiện tượng cát chảy:*

Hiện tượng cát chảy chỉ xảy ra khi: đất là đất cát, cát pha bụi ( lực dính kết c rất nhỏ ) và lỗ rỗng chứa đầy nước và nhất là nước có áp.

Nguyên nhân chính của cát chảy là áp lực thuỷ động của dòng nước ngầm truyền vào cát hạt đất khi khoan lỗ. Do tính thấm nước yếu của cát chảy nên áp lực thủy động gây ra áp lực thấm truyền vào hạt cát làm cho hạt cát di chuyển theo hướng giảm gradien thấm. I.V.Pôpôv đã xác định rằng: Trị số gradien thấm làm cho cát chuyển sang trạng thái chảy, tính theo công thức:

$$I_{gh} = (\gamma_0 - 1)(1 - n)$$

Trong đó:

$\gamma_0$ : Trọng lượng hạt đất;

n: Độ rỗng của đất;

Khi áp lực thủy động bằng hay vượt hơn dung trọng đẩy nổi của hạt đất, sẽ làm cho đất chuyển sang trạng thái lơ lửng và sẽ di chuyển.

$$0 = I_{dn}\,\gamma_n = \gamma_{dn}\ ;\ I_{dn} = \gamma_{dn}/\gamma$$

Trong đó:

0 : áp lực thủy động;

$\gamma_{dn}$ : dung trọng đẩy nổi;

$\gamma_n$ : tỷ trọng nước;

Khi $\gamma_n = 1$ thì $I_{dn} = \gamma_{dn}$, khi $I_{dn}$ lớn hơn $I_{gh}$ thì cát chảy bắt đầu xảy ra;

Đất cát chuyển sang trạng thái chảy sẽ mất liên kết kiến trúc. Các hạt chuyển sang trạng thái lơ lửng;

*4.7.3.2. Các giải pháp xử lý các sự cố*

Trường hợp trong tầng đất cát có hiện tương cát chảy nên sử dụng ống vách để giữ ổn định thành vách lỗ khoan.

Trường hợp trong tầng cát có hoặc không có mạch nước ngầm có áp thì có thể sử dụng dung dịch bentonite để giữ ổn định thành vách lỗ khoan, với các lý do như sau: (1) Dung trọng của dung dịch bentonite >1g/cm$^3$, sẽ tạo ra áp lực lớn hơn áp lực của mực nước ngầm nên giảm được tác nhân gây sập vách lỗ khoan. (2) Dưới áp lực của cột dung dịch bentonite sẽ thâm nhập vào thành vách cát của hố khoan tạo thành lớp áo sét, khi đó xảy ra quá trình hấp phụ cơ lý học giữa đất cát và bentonite. Các hạt cát rời rạc trong lớp áo sét sẽ được liên kết lại với nhau bởi tác nhân ximăng hoá-keo bentonite. Lớp áo sét này có độ bền (lực dính c') tăng từ 2÷3 lần của lớp đất cát ban đầu, làm tăng tính ổn định của thành vách lỗ khoan.

Các đặc điểm của nước trong đất đôi khi cũng có thể ảnh hưởng đến sự ổn định của thành vách hố khoan cọc khoan nhồi và giải pháp xử lý:

Nước ngầm ở dạng nước tự do có tỷ trọng bằng 1g/cm$^3$. Việc xác định các tính chất vật lý, thành phần hoá học và động thái của nước quan hệ đến tính phù hợp trong việc lựa chọn giải pháp giữ ổn định thành vách hố khoan và đánh giá khả năng ăn mòn hoá học của nước đối với bê tông cốt thép.

Tuỳ theo điều kiện thế nằm của các tầng nước dưới đất có thể chia động thái nước dưới đất làm 2 loại như sau (nước thượng tầng, nước ngầm):

*Nước thượng tầng*: nằm trong tầng đất xốp rời ở tầng trên cùng của vỏ trái đất. Lượng nước thượng tầng do nước mưa, nước ngưng tụ hay nước lũ được giữ lại và tích tụ trên bề mặt của lớp đất đá cách nước hoặc thấm nước yếu, bề dày tầng nước có thể từ 1÷2m với diện phân bố hạn chế và mang tính tức thời. Do vậy, khi khoan đất ở khu vực có nước thượng tầng, nước này sẽ chảy vào hố khoan làm giảm tính năng của vữa khoan lúc đó, có thể gây sự cố sập vách hố khoan và nếu nước nhiễm bẩn bởi nước sinh hoạt hoặc nước thải công nghiệp, gây ăn mòn, cốt thép, bê tông cọc sau này.

- *Nước ngầm:* là nước nằm dưới tầng nước thượng tầng, kết thúc của tầng này là tầng đất đá không thấm nước.

***Nghiên cứu giải pháp xử lý các sự cố trên***

- Theo như phân tích ở trên, thì độ pH để xúc tiến các phản ứng trao đổi xảy ra thường là lớn hơn 7. Do vậy, nếu pH của đất vách hay của nước ngầm trong hố khoan càng thấp thì pH của vữa bentonite trước khi đưa xuống hố khoan càng cao (thường pH > 0), sau cho pH của vữa khoan trong quá trình khoan (đã bị trung hoà với pH của đất vách) vẫn lớn hơn 7.

• Nếu nước ngầm có tính ăn mòn bê tông cốt thép (có chứa acide cloride, acide sulfate và độ pH thấp), khi nước ngầm chui vào bê tông sẽ gây trương nở nhanh chống nước và cement, từ đó gây ra nứt cục bộ hay nứt liên tục bê tông. Do đó cần phải thiết kế lớp bê tông bảo vệ bọc ngoài lớp bê tông chịu lực, thường lớp này dày khoảng 10cm. Mác bê tông chịu lực thường tăng thêm một cấp. Như vậy, nếu cọc có đường kính 100cm, mác 300, khi có xét đế tính ăn mòn thì đường kính cọc yêu cầu là 120cm, mác là 400.

• Trường hợp hố khoan đi qua các tầng đất có chức nước thượng tầng hoặc nước ngầm có áp cao thì giải pháp tốt nhất là dùng ống vách để giữ thành vách lỗ khoan, đảm bảo vữa khoan không bị nhiễm bản và không giảm tính năng của nó. Còn nếu nước ngầm không có áp thì có thể dùng dung dịch bentonite để giữ ổn định thành vách lỗ khoan và cần phải chú ý đến việc chọn tính năng của dung dịch bentonite sao cho phù hợp điều kiện đất nền và tính chất lý hoá của nước ngầm như đã nêu ở trên.

## 4.8. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Loại cọc khoan nhồi, ngoài các ưu điểm như đã nêu ở chương 1, còn tồn tại một số nhược điểm được thể hiện qua các sự cố như đã trình bày ở trên. Các sự cố trên đôi khi rất phức tạp khó khắc phục sửa chữa, có thể dẫn đến chí phí rất cao, hoặc không sửa được mà phải thay cọc mới. Do đó, cách tốt nhất là nên dự phòng các sự cố cố thể xảy ra hiểu rõ các nguyên nhân và có biện pháp phòng ngừa.

Có thể nhận xét rằng: khi thi công cọc khoan nhồi thường gặp nhiều sự cố là do có quá nhiều yếu tố ảnh hưởng đến nó, mà kinh nghiệm thiết kế và thi công của nước ta chưa nhiều và chưa quan tâm đúng mức đến các ảnh hưởng của các yếu tố đó, cho nên thường gặp phải các sự cố như trên. Các yếu tố đó là: Điều kiện địa chất thủy văn công trình (đất yếu, cát, sét, nước trong đất , v.v... Trong khảo sát hiện nay chỉ xét về tính chất cơ, lý của nó mà chưa quan tâm đến tính chất hoá đất, hoá nước, hiện tượng cát chảy và đất sụp, v.v...), dung dịch bentonite (chưa xét mối tương tác thật đầy đủ giữa nó và môi trường đất nền), v.v...

## Chương V

# KIỂM TRA, THỬ TẢI CỌC, NGHIỆM THU

## 5.1. CÔNG TÁC KIỂM TRA NGHIỆM THU

### 5.1.1. Yêu cầu chung

Việc kiểm tra, giám sát chất lượng và nghiệm thu cọc khoan nhồi phải thực hiện tại hiện trường và phải căn cứ vào kết quả thí nghiệm của các phòng thí nghiệm hợp chuẩn.

Các dụng cụ, thiết bị kiểm tra chất lượng thi công cọc phải đảm bảo độ chính xác, tin cậy. Các hồ sơ, tài liệu nghiệm thu, các kết quả thí nghiệm v.v... phải có đầy đủ và đảm bảo chính xác.

Các cán bộ kỹ thuật, các thí nghiệm viên làm công tác thí nghiệm, kiểm tra, giám sát và nghiệm thu kỹ thuật chất lượng phải có đủ trình độ chuyên môn và được đào tạo, hướng dẫn công nghệ thi công cọc khoan nhồi.

### 5.1.2. Kiểm tra công tác khoan tạo lỗ

Trong quá trình khoan cọc cần kiểm tra các thông số về số lỗ khoan theo bảng 1 sau đây:

**Bảng 1**

| TT | Thông số kiểm tra | Phương pháp kiểm tra |
|---|---|---|
| 1 | Tình trạng lỗ | - Kiểm tra bằng mắt và đèn dọi.<br>- Dùng phương pháp siêu âm hoặc camera ghi chụp thành lỗ khoan. |
| 2 | Độ thẳng đứng và độ sâu | - So sánh khối lượng đất lấy lên với thể tích hình học của cọc.<br>- Theo lượng dung dịch giữ thành vách.<br>- Theo chiều dài cần khoan.<br>- Dùng quả dọi.<br>- Máy đo độ nghiêng, phương pháp siêu âm. |
| 3 | Kích thước lỗ | - Mẫu, calip, thước xếp mở và tự ghi độ lớn nhỏ của đường kính.<br>- Theo đường kính ống vách.<br>- Theo độ mở của cánh mũi khoan khi mở rộng đáy. |
| 4 | Tình trạng đáy lỗ khoan và độ sâu của mũi cọc | - Lấy mẫu và so sánh với đất, đá lúc khoan. Đo độ sâu trong khoảng thời gian không nhỏ hơn 4 giờ.<br>- Độ sạch của nước thối rửa.<br>- Dùng phương pháp thả quả rơi hoặc xuyên động.<br>- Phương pháp điện (điện trở, điện dung v.v...) |

Trước khi đổ bê tông cần phải thực hiện kiểm tra lỗ cọc theo các thông số ở bảng 1 và lập thành biên bản để làm căn cứ nghiệm thu.

Công tác thi công và kiểm tra nghiệm thu về: Vị trí và kích thước hình học lỗ khoan; Công tác gia công lắp đặt lồng cốt thép; Chất lượng bê tông cọc khoan nhồi được quy định trong bảng 2.

### 5.1.3. Kiểm tra chất lượng bê tông cọc

Tất cả các chỉ tiêu kỹ thuật của cốt liệu lớn thử theo TCVN 1772:1987 "Đá sỏi xây dựng - Phương pháp thử". Đối với các loại vật liệu khác cần thực hiện công tác kiểm tra và công tác thí nghiệm xác định thành phần hỗn hợp bê tông cọc thực hiện theo nội dung đã nêu ở chương III.

Số lượng cọc phải kiểm tra tùy vào mức độ quan trọng của công trình cũng như tùy vào sự hoàn thiện của thiết bị và kinh nghiệm của đơn vị thi công mà cơ quan thiết kế hoặc tổ chức tư vấn quyết định nhưng không ít hơn tỉ lệ % (so với tổng số cọc) quy định trong bảng 2.

**Bảng 2**

| Sai số cho phép | Đối tượng kiểm tra | Phươngpháp kiểm ra |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| *1. Độ sai lệch cho phép về vị trí mặt bằng đỉnh và về trục xiên (tgα) của cọc khoan so với thiết kế: (tính theo giá trị d - đường kính cọc):* | | |
| *Khi bố trí một hàng cọc theo mặt chính cầu:* | | |
| ± 0,04 ; 1:200 - Trường hợp thi công trên nước. | Từng cọc | Nghiệm thu (đo bằng máy thuỷ bình, ống dọi và thước lây) |
| ± 0,02 ; 1:200 - Trường hợp thi công trên cạn. | nt | nt |
| *Khi bố trí hai hoặc nhiều hàng cọc theo mặt chính cầu:* | | |
| ± 0,1 ; 1:100 - Trường hợp thi công trên nước. | nt | nt |
| ± 0,05 ; 1:100 - Trường hợp thi công trên cạn. | nt | n |
| *2. Sai số cho phép (tính theo cm) về kích thước thực tế của lỗ khoan và kích thước mở rộng bầu đáy cọc:* | | |
| ± 25 - Chiều sâu lỗ khoan (ở cao trình) | Từng lỗ khoan | Kiểm tra đo theo chỉ dẫn của thiết kế móng cọc) |
| ± 5 - Theo đường kính lỗ. | nt | n |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| ± 10 - Theo chiều sâu của đoạn hình trụ mở rộng bầu. | Từng đoạn mở rộng | nt |
| ± 10 - Theo đường kính mở rộng. | nt | nt |
| ± 5 - Theo chiều cao đoạn hình trụ mở rộng. | nt | nt |
| *3. Sai số cho phép (tính theo cm) về vị trí đặt lồng cốt thép trong lòng cọc khoan so với thiết kế:* | | |
| ± 1 - Theo vị trí đặt cốt thép dọc với nhau trên toàn chu vi của lồng. | Từng lồng cốt thép | Kiểm tra (bằng thước cuộn thép và thước dẹt) |
| ± 5 - Theo chiều dài thanh thép. | nt | nt |
| ± 2 - Theo cự ly các bước đai xoắn ốc. | nt | nt |
| ± 10 - Theo khoảng cách các vòng đai cứng ở mút lồng thép. | nt | nt |
| ± 10 - Theo khoảng cách các con kê tạo lớp bảo vệ cốt thép. | nt | nt |
| ± 1 - Theo chiều cao con kê | nt | nt |
| ± 2 - Theo đường kính của lồng thép tại vị trí đặt vòng đai cứng. | nt | nt |
| *4. Sai số cho phép về chỉ tiêu vữa bê-tông với độ lún kim hình chóp 16-10cm, đổ bê-tông trong nước vào lòng cọc theo Phương pháp rút ống theo chiều thẳng đứng:* | | |
| ± 2 cm - Theo trị số độ sụt. | Theo TCVN 3106:1993 | Theo TCVN 3106:1993 |
| ± 2 % - Theo độ tách vữa và độ tách nước. | Theo TCVN 3109:1993 | Theo TCVN 3109:1993 |
| *5. Sai số cho phép về chỉ tiêu bê tông làm cọc khoan:* | | |
| Không có vi phạm về tính liên tục trên toàn chiều dài cọc | 2 cọc cho một cầu | Kiểm tra bằng thiết bị đặc chủng và quan sát |
| + 20; - 5% Cường độ bê-tông | nt | Kiểm tra 6 mẫu từ lõi khoan qua cọc. |

### 5.1.4. Kiểm tra cặn lắng trong lỗ

Công tác kiểm tra cặn lắng trong lỗ phải thực hiện ngay sau khi kết thúc việc tạo lỗ và xử lý lắng cặn. Trước khi đổ bê tông phải đo lại cao độ đáy lỗ khoan, chiều dày của lớp cặn lắng xuống dưới đáy lỗ (nếu còn) phải ghi vào nhật ký khoan lỗ và không được vượt quá quy định trong bảng 3.

**Bảng 3**

| TT | Loại cọc | Sai số cho phép |
|---|---|---|
| 1 | Cọc chống | h ≤ 5 cm |
| 2 | Cọc chống + ma sát | h ≤ 10 cm |
| 3 | Cọc ma sát | h ≤ 20 cm |

### 5.1.5. Kiểm tra chất lượng dung dịch khoan

Trước khi đổ bê tông, khối lượng riêng của dung dịch trong khoảng 50 cm kể từ đáylỗ khoan phải nhỏ hơn 1,25, hàm lượng cát ≤ 8%, độ nhớt ≤ 28 s Dung dịch vữa sét dùng để thi công cọc khoan nhồi phải có các chỉ tiêu kỹ thuật ban đầu phù hợp với các quy định trong bảng 4.

**Bảng 4**

| Tên các chỉ tiêu | Yêu cầu | Phương pháp kiểm tra |
|---|---|---|
| 1. Khối lượng riêng | Từ 1,05 -1,15 | Tỷ trọng kế dung dịch sét hoặc Bomeke |
| 2. Độ nhớt | Từ 18 - 45 sec | Phương pháp phễu 500/700cc |
| 3. Hàm lượng cát | < 6 % | |
| 4. Tỷ lệ keo | > 95 % | Phương pháp đong cốc |
| 5. Lượng mất nước | < 30 cc/30 phút | dụng cụ đo độ mất nước |
| 6. Độ dày của áo sét | Từ 1-3 mm/ 30 phút | dụng cụ đo độ mất nước |
| 7. Lực cắt tĩnh | 1phút: 20-30 $mg/cm^2$<br>10phút: 50-100 $mg/cm^2$ | Lực kế cắt tĩnh |
| 8. Tính ổn định | < 0,03 $g/cm^2$ | |
| 9. Trị số pH | Từ 7-9 | Giấy thử pH |

### 5.1.6. Kiểm tra sức chịu tải của cọc

Để đảm bảo chính xác sức chịu tải giới hạn của cọc đơn phải căn cứ vào tính chất trọng yếu và cấp của công trình, điều kiện thực tế địa chất công trình, yêu cầu thiết kế và tình hình thi công công trình mà tổ chức thử tĩnh hoặc thử động có đủ độ tin cậy cho cọc đơn và lưu ý những điểm sau:

- Khi không thể tiến hành nén tĩnh cọc đơn đến tải trọng giới hạn thì cơ quan tư vấn thiết kế phải quy định tải trọng nén tối thiểu lên cọc theo quy định của tiêu chuẩn thử tĩnh cọc.

- Việc lựa chọn phương pháp thử tĩnh cọc đơn phải dựa trên các tiêu chuẩn do cơ quan tư vấn thiết kế yêu cầu với sự chấp nhận của chủ đầu tư.

Khi rơi vào một trong những trường hợp sau đây thì phải thử nén tĩnh cọc đơn theo phương thẳng đứng:

1) Móng cọc của công trình quan trọng.

2) Trước khi thi công cọc của công trình chưa thực hiện thử tĩnh cọc đơn mà có một trong các trường hợp sau đây: Điều kiện địa chất phức tạp; Độ tin cậy về chất lượng thi công cọc thấp; Móng cọc của công trình ít quan trọng nhưng có số lượng hơn 30 cọc.

3) Công trình móng cọc chịu tác dụng của lực kéo hoặc lực nén ngang lớn theo quy định của tiêu chuẩn xây dựng TCXD 88: 1982 "Cọc - phương pháp thí nghiệm hiện trường" phải thực hiện công tác thử tĩnh.

Số lượng cọc cần thử thông thường lấy 2% tổng số cọc nhưng không ít hơn 3 cọc, đối với công trình có tổng số cọc dưới 50 cọc thì phải thí nghiệm 2 cọc.

*Phạm vi nên áp dụng các phương pháp thử động*

Ngày nay ở nước ta đã áp dụng khá rộng rãi các phương pháp kiểm tra sức chịu tải thẳng đứng cọc đơn bằng phương pháp thử động có đủ độ tin cậy. Khi rơi vào một trong các trường hợp sau đây thì phải kiểm tra thử tải cọc bằng phương pháp thử động:

1) Móng của công trình quan trọng mà không có khả năng thực hiện thử nén tĩnh cọc đơn.

2) Kiểm tra bổ sung cho việc thử cọc bằng nén tĩnh.

3) Móng cọc của công trình thông thường, ít quan trọng và được cơ quan tư vấn thiết kế yêu cầu.

Số lượng cọc cần phải thử động do cơ quan tư vấn thiết kế yêu cầu thông thường lấy 4% tổng số cọc nhưng không ít hơn 5 cọc.

*Những điểm cần lưu ý đối với phương pháp thử động như sau:*

1) Phương pháp biến dạng lớn (PDA) thường được dùng trong thử động cho cọc. Khi thử động phải có đầy đủ các loại thiết bị đo đạc như: đo được độ chối; độ chối đàn hồi v.v... Việc thử động theo phương pháp hiện đại phải do những kỹ sư có trình độ và kinh nghiệm thực tế thực hiện.

2) Kết quả của phương pháp thử động được xem là tin cậy nếu nó được so sánh đối chứng với kết quả thử nén tĩnh cọc trong điều kiện địa chất công trình tương tự và không được sai lệch nhau quá, sau đó dùng phương pháp động để kiểm tra với số lượng lớn cọc đã thi công.

### 5.1.7. Nghiệm thu cọc khoan nhồi và đài

Cọc phải được kiểm tra trong tất cả các công đoạn làm cọc, ghi vào các mẫu biên bản quản lí chất lượng đã được chủ đầu tư thống nhất và chấp nhận lúc trúng thầu, lập thành hồ sơ nghiệm thu và được lưu trữ theo quy định của nhà nước.

Hồ sơ nghiệm thu cọc móng gồm các tài liệu sau đây:

*Phần chung*

- Tên công trình, tên chủ đầu tư và tên đơn vị thi công;

- Người phụ trách công trình;

- Ngày, tháng, năm thi công, thời tiết, nhiệt độ;

- Tên gọi hoặc số hiệu của phần công trình, số hiệu cọc, đường kính và độ dài thiết kế của cọc;

- Loại phương pháp thi công, thiết bị thi công, đường kính quy định;

- Bản vẽ cột địa chất thi công.

*Phần tạo lỗ:*

- Mực nước ngầm hoặc mực nước sông biển;

- Tốc độ và quá trình thi công tạo lỗ;

- Kích thước và vị trí thực của lỗ cọc (mức lệch tâm và độ thẳng đứng);

- Đường kính và độ sâu lỗ khoan, đường kính và độ dài của ống chống hoặc ống định vị ở tầng mặt; độ dài thực tế của cọc, độ thẳng đứng của cọc.

- Biên bản kiểm tra theo bảng 1 và bảng 2.

*Phần giữ thành vách và cốt thép:*

- Loại dung dịch giữ thành và biện pháp quản lí dung dịch;

- Thời gian thi công cho mỗi giai đoạn;

- Bố trí cốt thép, phương pháp nối cốt thép;

- Biên bản kiểm tra theo bảng 4 và bảng 5;

- Những trục trặc và sự cố nếu có và cách xử lý;

- Loại thợ và số người tham gia thi công.

*Phần kiểm tra chất lượng cọc:*

- Báo cáo kiểm tra chất lượng cọc theo bảng 6 và sức chịu tải của cọc đơn;

- Bản vẽ hoàn công móng cọc khi đào hố móng đến cốt thiết kế;

- Nghiệm thu đài cọc gồm các loại tài liệu sau đây;

- Biên bản thi công và kiểm tra cốt thép bê tông đài cọc;

- Biên bản về cốt neo giữa đầu cọc với đài cọc, cự li mép biên của cọc ở mép đài, lớp bảo vệ cốt thép đài cọc;

- Bản ghi độ dày, bề dài và bề rộng của đài cọc và mô tả bên ngoài đài cọc.

## 5.2. TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG CỌC KHOAN NHỒI

Sau khi khoan đất và rửa lỗ xong phải dùng các thiết bị để kiểm tra vị trí lỗ khoan, chiều sâu lỗ khoan, đường kính lỗ khoan, độ thẳng đứng của lỗ khoan, bề dày bùn lắng dưới lỗ khoan.

### 5.2.1. Sai số cho phép

Các sai lệch cho phép về chất lượng lỗ khoan xem bảng sau:

**Sai lệch cho phép của cọc khoan nhồi**

| TT | Hạng mục | Sai lệch cho phép | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| 1 | Sai lệch vị trí | Cụm móng cọc $\Delta \leq 10cm$ | |
| | | Một cọc đơn $\Delta \leq 5cm$ | |
| 2 | Đường kính cọc | $D \pm 10cm$ | D: Đường kính cọc thiết kế |
| 3 | Độ nghiêng của cọc | Cọc thẳng đứng 1/1.000 | |
| 4 | Chiều sâu cọc khoan | - Cọc ma sát: Không nông hơn trị số thiết kế | |
| | | - Cọc chống: Không nông hơn 5cm | |
| 5 | Bề dày bùn lắng | - Cọc ma sát $\Delta \leq 4,0cm$ | |
| 6 | Cường độ bê tông | Đạt cường độ thiết kế | Bình quân 3 mẫu |

Được phép sử dụng các phương pháp không phá hoại cọc để kiểm tra chất lượng bê tông như: khoan lấy mẫu, siêu âm cơ học, hiệu ứng điện nước... ở đây dùng phương pháp khoan lấy mẫu để kiểm tra chất lượng cọc.

- Khoan lấy mẫu : Khoan lấy mẫu 1 cọc / toàn bộ nhóm cọc

- Khoan kiểm tra mùn mũi cọc: Khoan kiểm tra toàn bộ số lượng cọc và phải khoan xuyên qua mũi cọc 0,5m.

- Các cọc khoan có nghi vấn về chất lượng hay quá trình thi công có sự cố thì nhất thiết phải khoan kiểm tra chất lượng của cọc khoan nhồi.

Bê tông đúc cọc khoan nhồi theo phương pháp ống dẫn vữa di chuyển thẳng đứng phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Chất lượng bê tông và cốt thép phải phù hợp với TCVN 4453-87

- Không có vết nứt

- Chiều sâu chôn cọc không nhỏ hơn yêu cầu của thiết kế

- Đoạn đầu cọc ngàm vào bệ cọc và chiều dài cốt thép neo trong bệ không nhỏ hơn 40 lần đường kính cốt thép.

### 5.2.2. Công tác theo dõi, ghi chép và lấy mẫu

- Quá trình kiểm tra bê tông phải thường xuyên kiểm tra chất lượng bê tông và dây chuyền đổ bê tông trong nước.

- Các mẫu bê tông phải lấy từ phễu chứa ống dẫn để kiểm tra độ linh động, độ nhớt và đúc mẫu kiểm tra.

- Để kiểm tra chất lượng bê tông phải đúc hai nhóm mẫu, mỗi nhóm 3 mẫu vuông với kích thước 150 × 150 × 150mm hoặc mẫu trụ tròn 150 × 300mm tuỳ theo quy định của đồ án thiết kế.

- Trong quá trình đổ bê tông cần kiểm tra và ghi nhật ký thi công các số liệu sau

+ Tốc độ đổ bê tông

+ Độ cắm sâu của ống vào vữa

+ Mức vữa bê tông dâng lên trong lỗ khoan

+ Các số liệu về vữa bê tông và sự dò chảy vữa bê tông

Việc quan sát và ghi chép cần tiến hành 30 phút một lần. Khi bắt đầu đổ bê tông thì việc ghi chép tiến hành sau 10-15 phút (xem mẫu nhật ký ở phụ lục).

- Chất lượng bê tông cọc khoan nhồi và chiều dày mùn đáy cọc còn được kiểm ra bằng phương pháp khoan mũi cọc, khoan lấy mẫu sau 28 ngày đúc cọc cũng có thể dùng phương pháp sử dụng máy siêu âm, phóng xạ, sóng cơ học. Kiểm tra chất lượng cọc toàn bộ số lượng cọc trong móng.

## 5.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ TẢI CỌC KHOAN NHỒI

Như đã biết, đối với cọc đóng, sau khi hạ được cọc vào trong đất đến cao trình thiết kế và không có sự cố gì xảy ra thì xem như cọc đã được thi công đúng thiết kế.

Còn đối với cọc khoan nhồi, do đúc cọc tại chỗ trong lỗ khoan (thường trong vữa bentonite) nên vấn đề chất lượng bê tông thân và khả năng làm việc thực tế của cọc luôn luôn chưa được xác định rõ ràng. Do vậy, cần phải có phương pháp kiểm tra đánh giá chất lượng khả năng chịu lực thực tế của cọc khoan nhồi so với tính toán thiết kế để xen xét có thể chấp nhận cọc hay không. Có thể kiểm tra bằng các phương pháp truyền thống như khoan lấy mẫu, nén tĩnh, v.v... hoặc sử dụng một số phương pháp mới như: phương pháp kiểm tra không phá hoại NDT đối với thân cọc và một số phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thông, phương pháp thử tải trọng tĩnh bằng hộp tải trọng OSTERBERG, phương pháp tĩnh động STATNAMIC và phương pháp biến dạng lớn PDA.

### 5.3.1. Phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thống

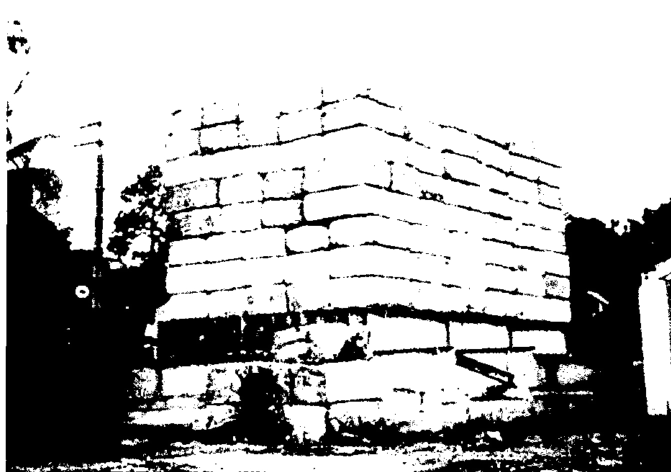
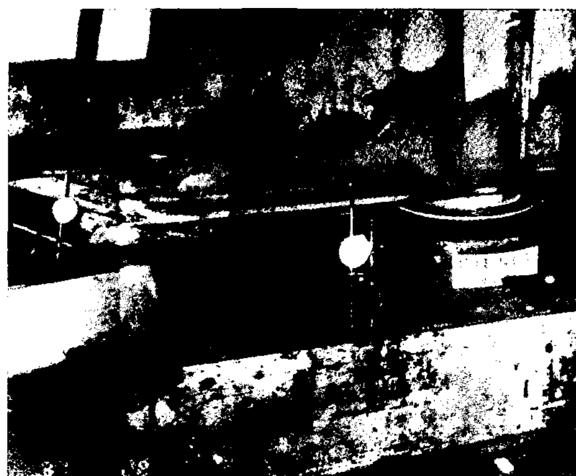
*Nguyên lý:*

Dùng hệ thống cọc neo hoặc dùng các vật nặng chất phía trên đỉnh cọc làm đối rọng để gia tải nén cọc.

Phương pháp này chỉ thích hợp ở nơi có mặt bằng đủ rộng, nơi không có nước mặt (sông) và cọc thử có tải trọng nhỏ (< 2000 tấn).

Chi phí cho việc làm đối trọng sẽ càng lớn khi tải trọng cọc thử càng lớn và nhất là nơi sông nước.

Ví dụ: trên hình 5-22: dàn thử tải trọng tĩnh của Công ty 68, nén cọc khoan nhồi cầu vượt Sóng thần thuộc dự án đường Xuyên Á:

*Hình 5-1: Dàn thử tải trọng tĩnh cọc khoan nhồi cầu vượt Sóng Thần thuộc dự án đường Xuyên Á.*

### 5.3.2. Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg

#### *5.3.2.1. Nguyên lý*

Dùng một hay nhiều hộp tải trọng OSTERBERG (hộp thủy lực làm việc như 1 kích thủy lực) đặt ở mũi cọc khoan nhồi hay ở 2 vị trí mũi và thân cọc trước khi đổ bê tông thân cọc (xem hình 3-11, Chương III). Sau khi đổ bê tông đã đủ cường độ, tiến hành thử tải bằng bơm dầu thủy lực để tạo áp lực trong hộp kích. Đối trọng chính là trọng lượng cọc và sức chống ma sát hông.

Theo nguyên lý phản lực, lực truyền xuống đất mũi cọc bằng lực truyền lên thân cọc. Việc thử sẽ đạt tới phá hoại khi một trong hai phá hoại xảy ra ở mũi cọc và quanh thân cọc. Dựa theo các thiết bị đo chuyển vị và đo lực gắn sẵn trong hộp tải trọng OSTERBERG sẽ vẽ ra được các biểu đồ quan hệ giữa lực tác dụng và chuyển vị mũi cọc và thân cọc. Tuỳ theo trường hợp phá hoại có thể thu được một trong 2 biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị.

Việc gia tải và đo đạc, áp dụng theo tiêu chuẩn ASTM D1143-1995 " Trình tự thử tải nhanh" của Mỹ.

Cách xác định tải trọng giới hạn: Do có một phá hoại ở mũi hoặc thân cọc nên phải áp dụng phương pháp ngoại suy để tìm phá hoại thứ hai, và được tính theo công thức sau:

$$P_{ghcọc} = P_{ghmũi} + P_{ghthân}$$

Nếu không tin tưởng ở ngoại suy và thiên về an toàn (lấy trị số bé), ta có thể lấy :

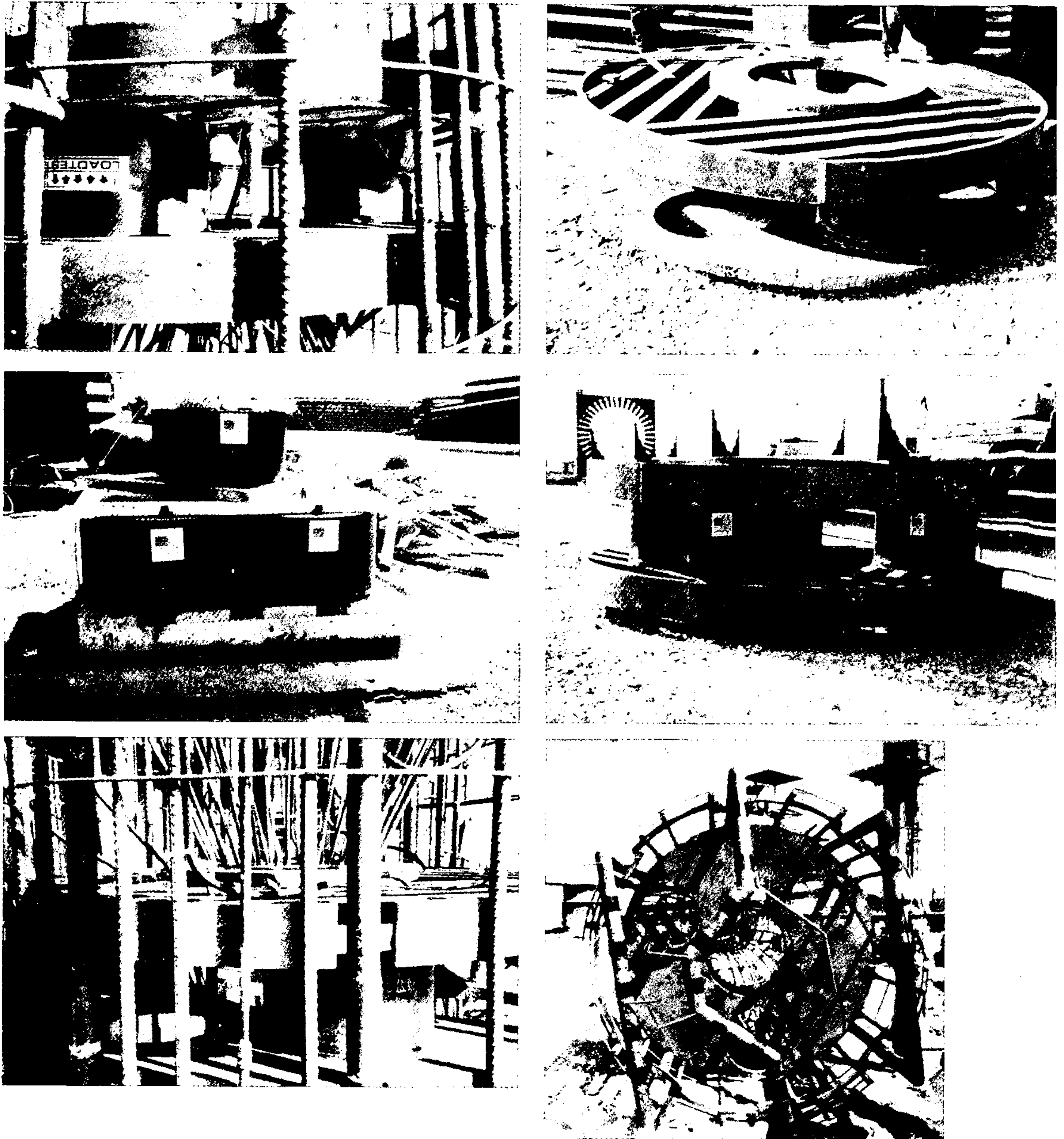
$$P_{ghcọc} = 2\ P_{ghthu\ được}$$

#### *5.3.2.2. Phạm vi áp dụng*

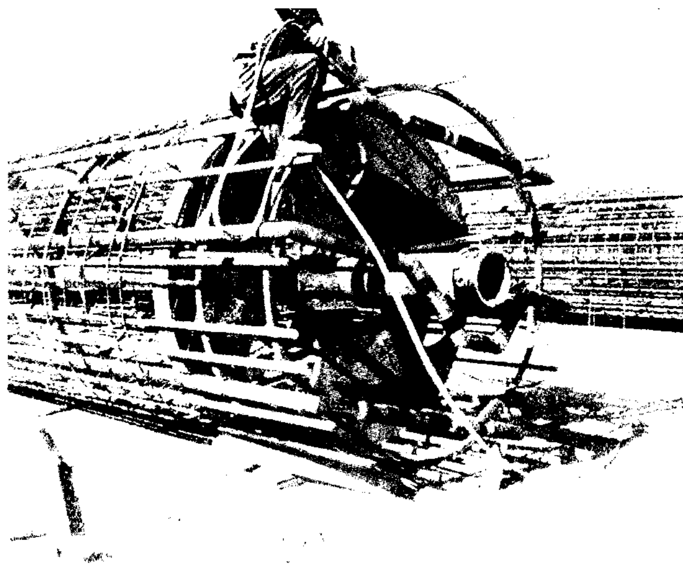
Có thể thấy ngay phương pháp này phù hợp với các cọc có sức chống giới hạn thành bên và mũi cọc tương đương nhau. Còn trong trường hợp sức chống giới hạn của mũi nhỏ hơn

sức chống thành bên thì có thể đặt 2 tầng ở mũi cọc và thân cọc để thử. Cao trình đặt ở tầng thân phải đảm bảo điều kiện $P_{\text{ghmũi}} \geq P_{\text{gh đoạn thân AB}}$. Ở Cầu MT đã thực hiện heo phương pháp này.

Khi đó trình tự chất tải sẽ phức tạp hơn để có thể xác định được $P_{\text{ghmũi}}$ $P_{\text{gh oạn thân AB}}$ và $P_{\text{ghdoạn thân B0}}$



***Hình 5-2:*** *Cấu tạo hộp tải Osterberg*

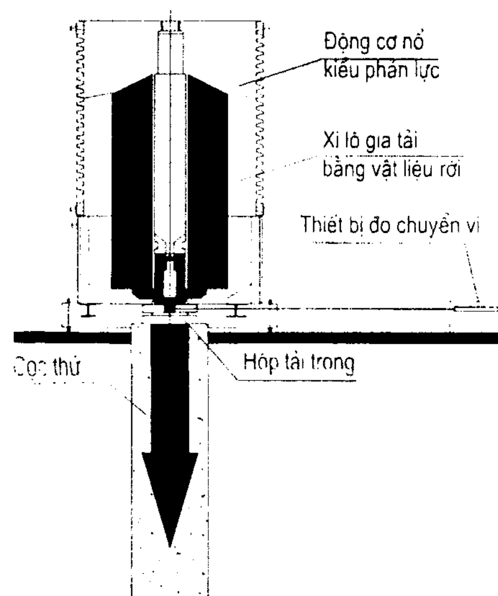


*Hình 5-3: Gia công lắp đặt hộp tải trọng Osterberg.*
*(Cầu MT) trong giai đoạn gia công lồng cốt thép*

### 5.3.3. Phương pháp thử tĩnh động STATNAMIC

#### *5.3.3.1. Nguyên lý*

Dựa trên nguyên tắc phản lực của động cơ tên lửa, người ta tạo ra một thiết bị đặt trên đầu cọc có kèm theo đối trọng vừa đủ, cho nổ gây phản lực trên đầu cọc có thiết bị ghi chuyển vị của cọc trong quá trình nổ, kết hợp đo các thông số biến dạng và gia tốc đầu cọc. Sau đó dùng các phương pháp như phương pháp phương trình truyền sóng hoặc độ cứng động sẽ tính được sức chịu tải của cọc.




***Hình 5-4:*** *Sơ đồ bố trí thiết bị STATNAMIN - thử tải trọng tĩnh*

#### *5.3.3.2. Phạm vi áp dụng*

Phương pháp này có thể dùng cho tất cả các loại cọc đứng và nghiêng trong mọi điều kiện địa chất.

Từ năm 1988, bằng phương pháp STATNAMIC người ta đã thử được tải trọng 0,1MN và đến năm 1994 đã phát triển thử được tải trọng đến 30MN. Phương pháp này được áp dụng nhiều ở Canada, Mỹ, Hà Lan, Nhật Bản, Đức, Hàn Quốc, v.v... Năm 1995 Công ty Tư vấn Anh quốc đã đề nghị thử cọc ống thép (tải trọng thử 3MN) tại cảng Container Tân Thuận bằng thiết bị này nhưng không được chấp thuận do nhiều lý do trong đó có lý do chưa được các nhà quản lý xây dựng Việt Nam biết đến.

### 5.3.4. Phương pháp thử động biến dạng lớn PDA

#### *5.3.4.1. Các cơ sở của phương pháp*

Về cơ sở khoa học, nguyên lý của phương pháp thử động biến dạng lớn và thiết bị phân tích động cọc PDA dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất trong bài toán va chạm của cọc, các đặc trưng động theo Smith và dựa vào các thành tựu của kỹ thuật điện tử và tin học hiện đại, v.v...

#### *5.3.4.2. Phương trình truyền sóng*

Giả thiết cọc đàn hồi đồng nhất; đất nền làm việc dẻo lý tưởng;

Từ các kết quả của lý thuyết phương trình truyền sóng ta có thể xác định được lực kháng tổng cộng của đất khi đóng cọc theo biểu thức sau:

$$R = \frac{F(t_1) + F(t_2) + \frac{v(t_1) - v(t_2)}{L} MC}{2}$$

Trong đó:

R: sức kháng tổng cộng của đất;

F: lực đo được tại đầu cọc;

v: vận tốc đo được tại đầu cọc;

M: trọng lượng cọc;

L: chiều dài cọc;

C: tốc độ truyền sóng ứng suất trong cọc;

$t_1$: thời điểm va chạm toàn phần (lực va chạm cực đại);

$t_2$: thời điểm sóng ứng suất đi hết 1 chu kỳ từ đầu đến mũi cọc và phản xạ lại.

#### *5.3.4.3. Phương pháp Case*

Xét theo bản chất vật lý:

$$R = R_s + R_d$$

Trong đó:

R: sức kháng tổng cộng của đất;

$R_s$: sức chịu tải tĩnh, là giá trị người thiết kế quan tâm và thu được khi thử tải tĩnh, phụ thuộc vào chuyển vị;

$R_d$: sức chịu tải động, do việc đóng cọc, sức cản động, phụ thuộc vào tốc độ.

Để có thể loại bỏ sức cản động khi tính $R_s$, $R_d$ được định nghĩa như sau:

$$R_d = J\,Z\,V_{\text{mũi cọc}}$$

Trong đó:

J: hệ số sức cản động;

Z: trở kháng của cọc = MC/L;

$V_{mũi\ cọc}$: tốc độ tại mũi cọc, theo lý thuyết truyền sóng có thể tính được từ tốc độ đo được tại thời điểm $t_1$ ở đầu cọc:

$$V_{mũi\ cọc} = 2v(t_1) - R/Z;$$

Sau một số biến đổi ta có:

$$R = \frac{(1-J).\{F(t_1)+Z\ \ v\ \ (t_1)\}+(1+J).\{F(t_2)-Z\ \ v\ \ (t_2)\}}{2}$$

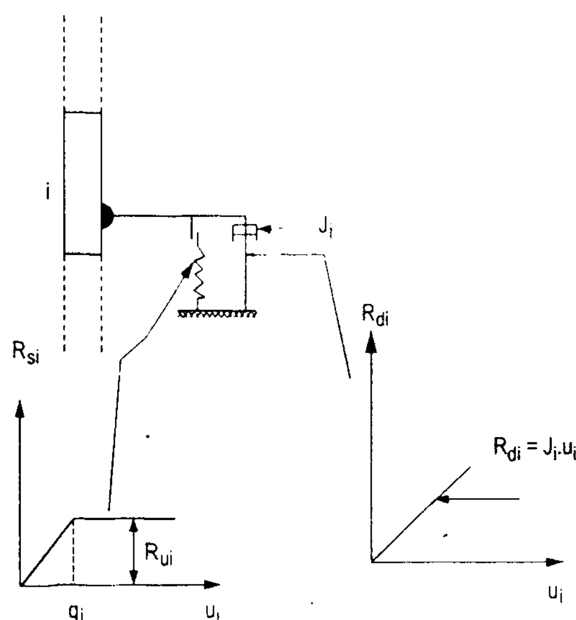
Để tính hệ số cản động J, Smith dùng phương pháp so sánh với kết quả thử tĩnh và gắn với kích thước hạt đất, theo bảng sau:

**Bảng: Hệ số J**

| Loại đất | Hệ số J | Loại đất | Hệ số J |
|---|---|---|---|
| Cát sạch | 0,1÷0,15 | Bùn sét | 0,4÷0,7 |
| Cát bùn | 0,15÷0,25 | Sét | 0,7÷1,00 |
| Bùn | 0,25÷0,4 | | |

### *5.3.4.4. Phần mềm CAPWAP: (Case Pile Wave Analysis Program)*

Phần mềm máy tính này sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải bài toán tác dụng tương hỗ của hệ thống búa - cọc - đất. Cọc được chia làm nhiều phân đoạn, sức cản đất sử dụng mô hình của Smith, xem hình 5-5;




Sức cản chung (tĩnh cộng động) của đất tại phân đoạn i gồm 2 thành phần:

$R_i = R_{si} + R_{di}$

$q_i$ : Chuyển vị tương đối hạn chế;

$J_i$ : Hệ số sức cản động Smith;

***Hình 5-5:** Mô hình sức cản đất theo Smith*

*5.3.4.5. Cấu tạo thiết bị PDA (Mỹ)*

Búa đóng: có thể dùng búa hơi, búa Diesel có trọng lượng bằng 1-2% sức chịu tải cọc.

Cấu tạo của thiết bị phân tích đóng cọc - PDA sử dụng trong phương pháp thử động biến dạng lớn bao gồm:

• *Đầu đo ứng suất (2 đầu đo):* các đầu đo này có khả năng đo độc lập ứng suất (biến dạng) theo thời gian tại vị trí gắn trên cọc trong một chu kỳ va chạm. Các số liệu thu được nhờ 2 gia tốc kế với tần số cộng hưởng khoảng 7500Hz đặt ở các khoảng cách xuyên tâm đều nhau ở hai mặt đối diện.

• *Máy tính điện tử có gắn bộ biến đổi số liệu:* các tín hiệu từ các đầu đo sẽ được truyền qua cáp nối chống nhiễu đến thiết bị ghi và biến đổi số liệu. Thiết bị này còn có osciloscope để giao tiếp với người sử dụng và trình diễn các đồ thị: lực, tốc độ. Tất cả các thiết bị này được gắn bên trong 1 máy tính hiện đại.

***5.3.4.6. Các kết quả đo được***

Thiết bị phân tích cọc - PDA có thể đưa ra kết quả sau:

+ *Sức chịu tải của cọc:*

Sức chịu tải của cọc tại từng nhát búa, từng cao độ ngập đất của cọc;

Ma sát thành bên; Sức kháng của mũi cọc;

+ *Ứng suất trong cọc:*

Ứng suất nén lớn nhất; ứng suất kéo lớn nhất;

Ứng suất nén tại mũi cọc.

+ *Sự hoạt động của búa:*

Năng lực truyền lớn nhất của búa lên đầu cọc;

Lực tác dụng lớn nhất lên đầu cọc; Độ lệch tâm giữa búa và cọc;

Hiệu suất hoạt động của búa;

Tổng số nhát búa. Số nhát búa trong 1 phút;

Chiều cao rơi búa hoặc độ nảy của phần va đập;

+ *Tính nguyên dạng hoặc hư hỏng của cọc:*

Xác định mức độ hoặc vị trí hư hỏng của cọc.

***5.3.4.7. Phạm vi áp dụng***

+ Thời gian thử nhanh hơn thử tĩnh, chi phí thấp, thử được nhiều cọc trong ngày;

+ Lựa chọn được hệ thống đóng cọc hợp lý:

+ Tiêu chuẩn áp dụng: theo tiêu chuẩn ASTM - D4945.

### 5.3.5. Ví dụ về thử cọc khoan nhồi Φ2400mm, dài 85,55M (cọc thử P2 của trụ neo T14 - Công trình Cầu MT

#### *5.3.5.1. Đặc điểm địa chất và vị trí cọc xuyên qua địa tầng*

Đặc điểm địa chất: theo bảng sau:

**Bảng 5-1**

| Ký hiệu lớp | Cao độ đáy lớp, m | Bề dày lớp, m | Loại đất | Dung trọng tự nhiên t/m$^3$ | Độ sệt B | Lực dính c kG/m$^2$ | Lực dính không thoát nước $C_u$ | Góc nội ma sát φ° | Chỉ số SPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MĐTK | -0,95 | | | | | | | | |
| C1 | -20 | 19,05 | Sét mềm | 1,7 | 2,34 | 1 | 10 | | 7,0 |
| C2 | -39 | 19 | Sét cứng | 1,85 | 0 | 20 | 20 | | 45,0 |
| S2 | -54 | 15 | Cát trung chặt vừa | 2,1 | | | | 35 | 45,0 |
| C3 | -72 | 18 | Sét cứng | 1,96 | 0 | 17 | 30 | | 50,0 |
| S3 | -130 | 58 | Cát trung chặt vừa-chặt | 2,1 | | | | 38 | 52,0 |

#### *5.3.5.2. Nội dung của phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng osterberg ở cầu MT*

- Đơn vị thử tải: Loadtest Inc
- Ngày thử tải: 08/02/1998

Điều khác biệt đầu tiên về nguyên tắc so với phương pháp thử tải tĩnh truyền thống là không đặt tải lên trên đầu cọc mà đặt ngay trong thân cọc. Nhờ vậy không phải dùng hệ gia tải bên ngoài bằng các đối trọng, hệ neo hay phối hợp đối trọng và hệ neo (trong thử tải tĩnh truyền thống) mà dùng ngay hệ tự trọng bản thân của cọc và ma sát thành bên làm đối trọng. Để tạo tải trọng thân cọc bố trí các hộp tải trọng làm việc như một kích thủy lực thông thường và có cấu tạo phù hợp chôn sẵn trong thân cọc trước khi thi công. Sau khi bêtông cọc đã đủ cường độ tiến hành tạo tải bằng cách bơm dầu thủy lực vào trong kích đã chôn trong cọc, các bước chất tải và đo chuyển vị mũi cọc và đỉnh cọc, thông qua các ống đo chôn sẵn được tiến hành như trong thử tải tĩnh truyền thống.

Kết quả thu được sẽ là các biểu đồ quan hệ chuyển vị và tải trọng cho mũi cọc và đỉnh cọc được xây dựng độc lập. Thí nghiệm được xem là kết thúc khi hoặc đạt đến sức kháng ma sát giới hạn hoặc sức chống mũi giới hạn.

Sơ đồ nguyên lý của phương pháp chất tải bằng hộp tải trọng Osterberg như hình 5-6a, b, c.

Theo sơ đồ chất tải này, nếu gọi tổng các lực ma sát thành bên trên toàn bộ chiều dài cọc là $P_{ms}$, lực chống mũi cọc là $P_m$ và lực do hộp tải trọng Osterberg gây ra là $P_0$ ta có nhận xét như sau:

Khi tạo lực $P_0$ trong hộp Osterberg, theo nguyên lý cân bằng phản lực một lực $P_0$ truyền lên thân cọc và hướng lên phía trên sẽ được cân bằng bởi lực ma sát hành bên và trọng lượng bản thân cọc G. Một lực $P_0$ khác hướng xuống dưới và được chống lại bởi một sức kháng của đất nền dưới mũi cọc. Do đó trong quá trình chất tải $P_0$ tăng dần, ta có biểu thức sau:

$$P_0 = (G + P_{ms}) < G + P_{ms\ giới\ hạn}$$

Hoặc $$P_0 = (P_m) < P_{m\ giới\ hạn}$$

Cọc thí nghiệm sẽ đạt đến phá hoại khi đạt đến cân bằng của một trong hai biểu thức nêu trên, tức là khi hoặc bị phá hoại mũi trước (đất dưới mũi cọc đạt đến phá hoại) hoặc bị phá hoại ở thành bên trước (cọc và đất bao quanh có chuyển dịch dẻo).

Xây dựng biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị tương đương ở đầu cọc:

Do kết quả thu được là hai biểu đồ tải trọng - chuyển vị mũi cọc và đầu cọc độc lập nhau như đã nêu trên, vì vậy để tiện dụng trong việc sử dụng và so sánh với thử tải tĩnh truyền thống phải xây dựng biểu đồ tải trọng - chuyển vị đầu cọc tương đương như trong việc thử tĩnh truyền thống. Để thực hiện được công việc trên ta dựa vào các giả thiết cơ bản sau đây:

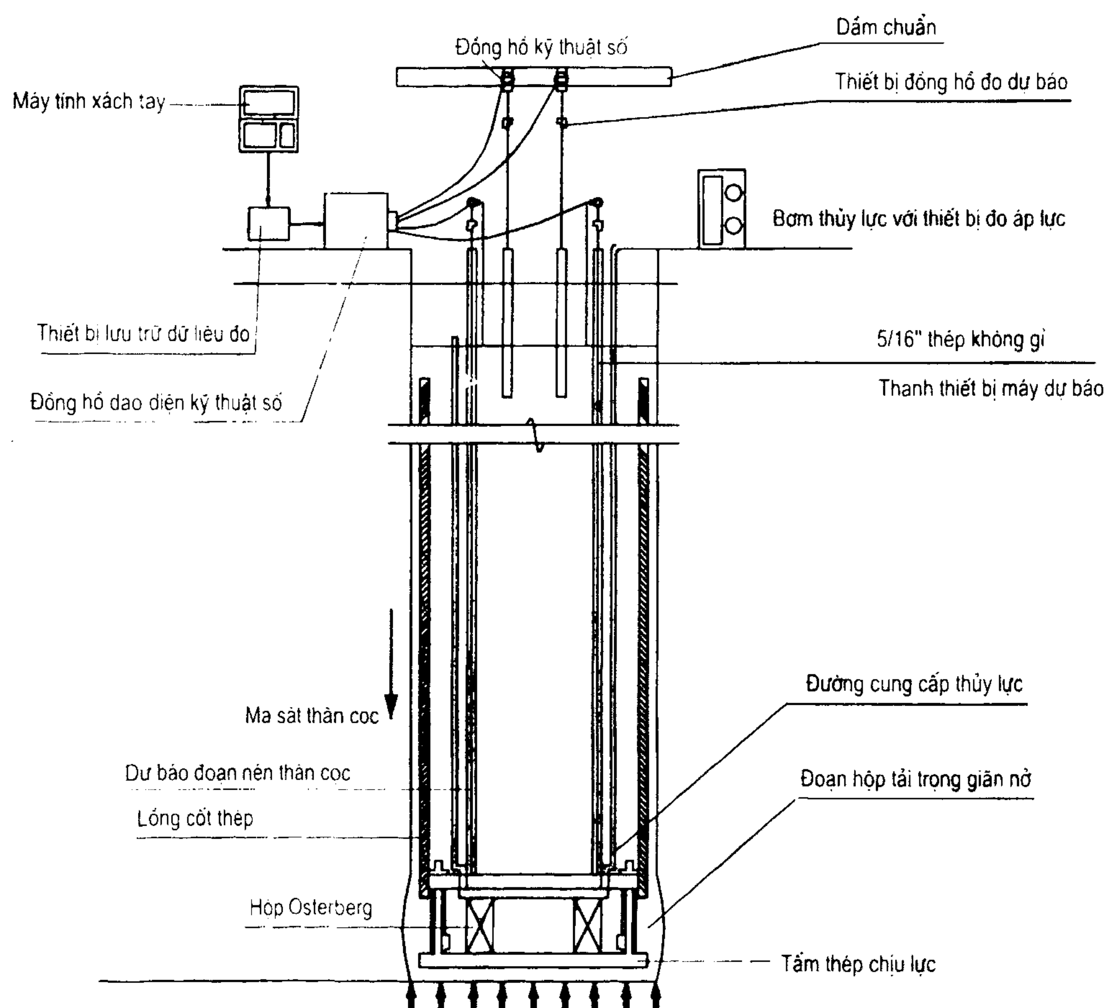
1- Đường cong chuyển vị - tải trọng mũi cọc trong cọc được chất tải truyền thống tương ứng như đường cong chuyển vị - tải trọng được xây dựng với dịch chuyển đi xuống của hộp tải trọng Osterberg.

2- Đường cong chuyển vị tải trọng ma sát bên của dịch chuyển đi lên trong thí nghiệm hộp tải trọng là tương tự như dịch chuyển đi xuống trong thử tải tĩnh truyền thống.

3- Bỏ qua độ nén trong thân cọc khi xem bản thân cọc là vật rắn.

Trên cơ sở các giả thiết này, chọn một dịch chuyển như điểm 4 trên đường cong dịch chuyển đi lên trên hình 5-7a và ghi lại tải trọng ma sát tại chuyển vị đó. Do thân cọc là vật rắn, đỉnh của cọc dịch chuyển đi xuống có chuyển vị giống như mũi cọc. Do vậy, tìm điểm 4 trên đường cong dịch chuyển đi xuống có chuyển vị giống như điểm 4 trên đường cong dịch chuyển đi lên và ghi lại tải trọng tương ứng. Cộng hai tải trọng đó sẽ cho tải trọng tổng cộng do ma sát bên xung quanh thân cọc và đất nền và sức chống mũi tại cùng một chuyển vị đi xuống của điểm 4 trên đường cong chuyển vị đi xuống của thí nghiệm tải trọng này. Điểm 4 của đường cong trên hình 5-7b đã được xây dựng lại.

Tiến hành tương tự cho một số điểm cho đến điểm có chuyển vị cực đại (trên cộng dưới) của thí nghiệm hộp tải trọng (các điểm 1-5). Do trong thí nghiệm này phá hoại xảy ra trong ma sát bên, đường cong sức chống mũi đi xuống được ngoại suy và đường cong đi lên được đo như trình bày bởi các điểm 6-12 trong cách hình 5-7a và hình 5-7b. Hình 5-7b thể hiện đường cong chất tải đỉnh cọc tương đương. Các hình 5-7c và 5-7d thể hiện cách xây dựng tương tự cho trường hợp khi phá hoại xảy ra tại sức chống mũi của cọc.

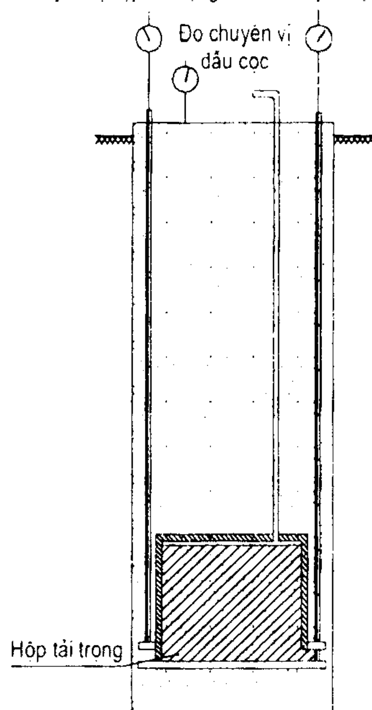


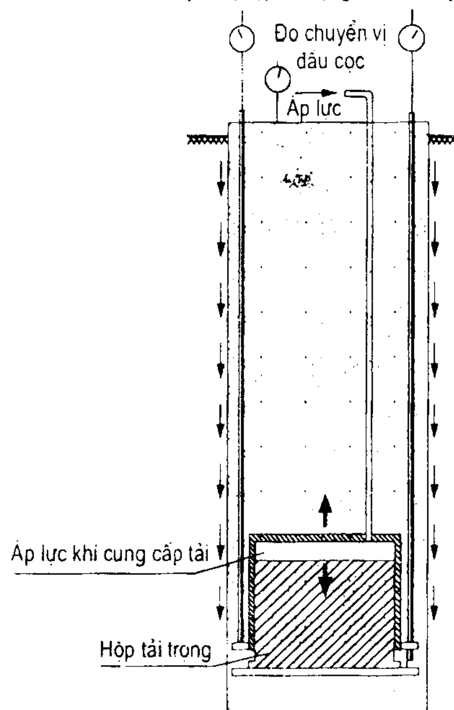

*Hình 5-6a: Sơ đồ bố trí các hộp Osterberg và hệ thống thiết bị đo đạc kết quả thử tải cọc khoan nhồi cầu MT*

### 5.3.5.3. Quá trình thử tải

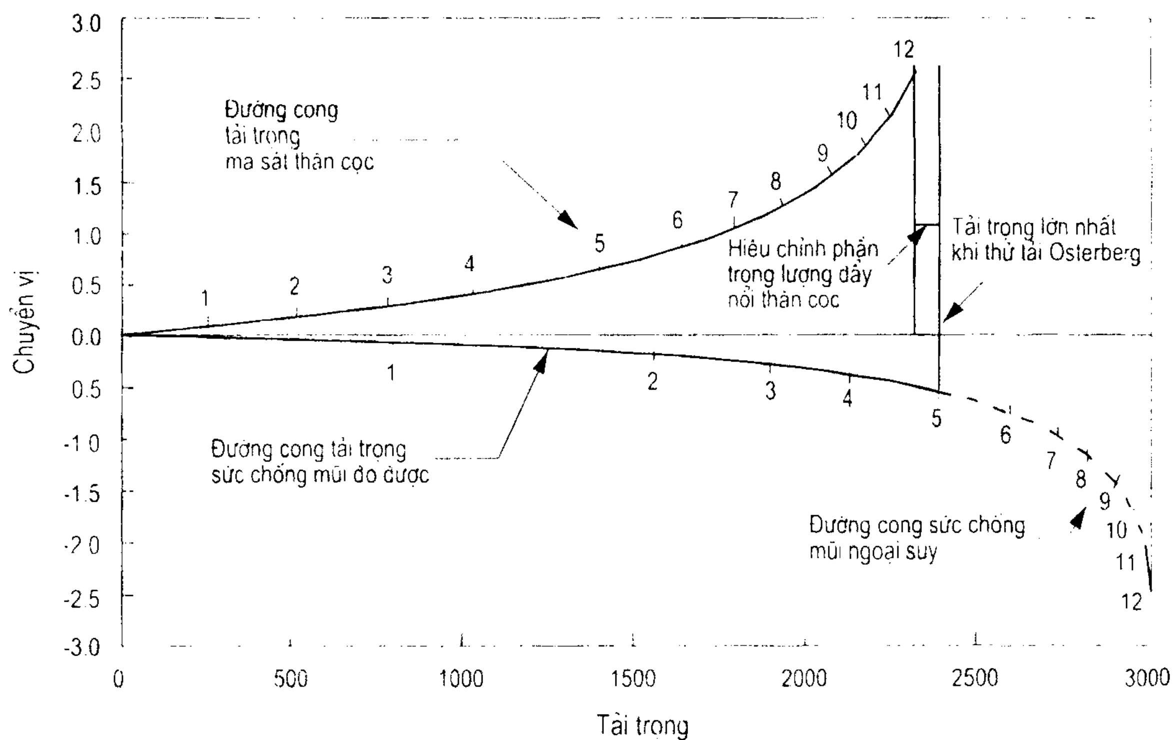
Việc thí nghiệm kiểm tra khả năng chịu tải thực tế của cọc được thực hiện qua 2 tầng kích thủy lực dạng khoang thép Osterberg gọi tắt là O-cell. Tầng A O-cell đặt trong thân cọc cách đỉnh mũi cọc 1,5m và tầng B O-cell đặt trong thân cọc bên trên và cách tầng A khoảng 16m. Ở mỗi tầng bố trí 3 kích thủy lực dạng khoang thép Osterberg hình trụ đường kính 450mm với khả năng chịu được tải trọng 33MN theo mỗi hướng.

Để đo được sự giãn nở của khoang thép sử dụng 3 dây chuyển vị do dao động biến thiên tuyến tính (Linear variable vibrating wire displacement transducers viết tắt LVWDT's) tại mỗi tầng bố trí khoang thép với độ giãn nở tối đa 150mm sai số 0,0025mm. Đo sự nén lại của cọc sử dụng 6 thanh thiết bị máy dự báo gắn cùng với dây chuyển vị do dao động biến thiên tuyến tính (mỗi thiết bị dự báo được đặt tại đoạn nối giữa 2 lồng cốt thép). Trên suốt chiều dài cọc bố trí 6 lồng cốt thép. Đo đạc phần nén của cọc được thực hiện ở đoạn giữa tầng A và tầng B.

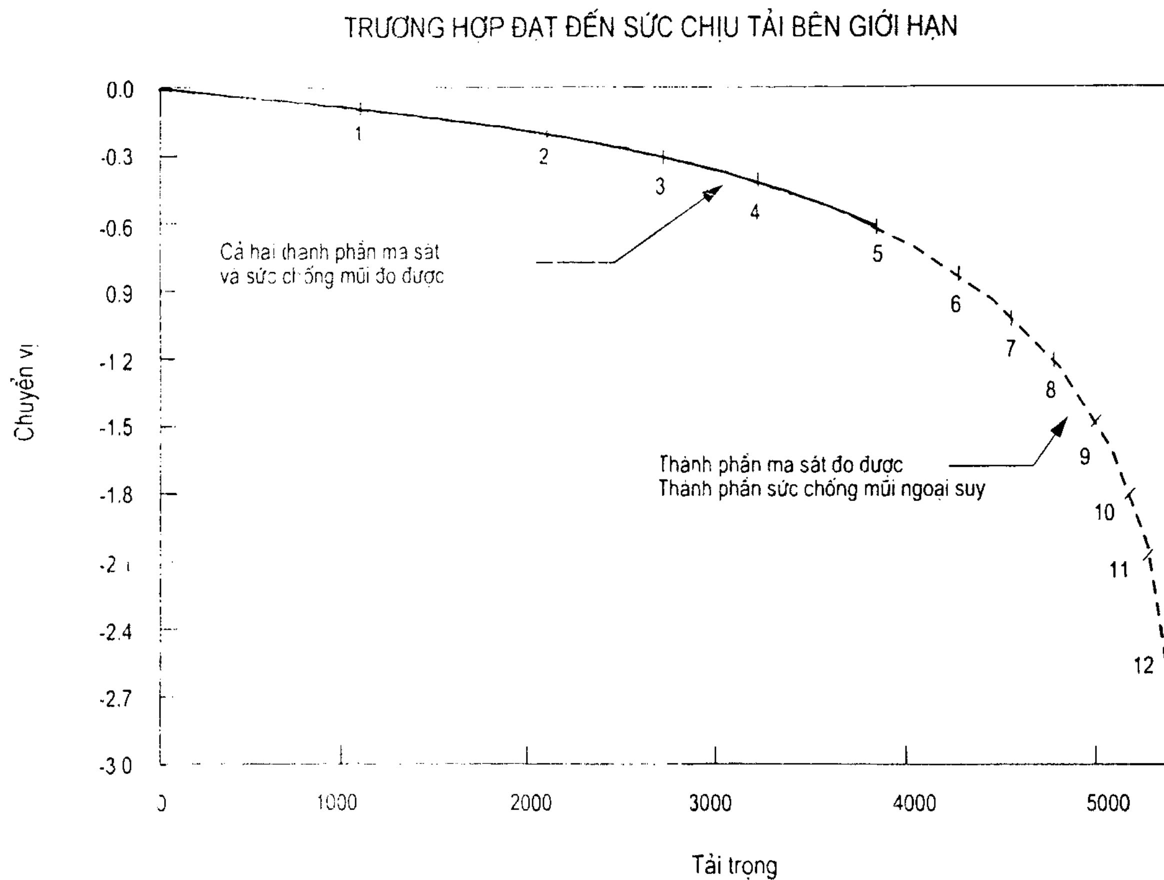


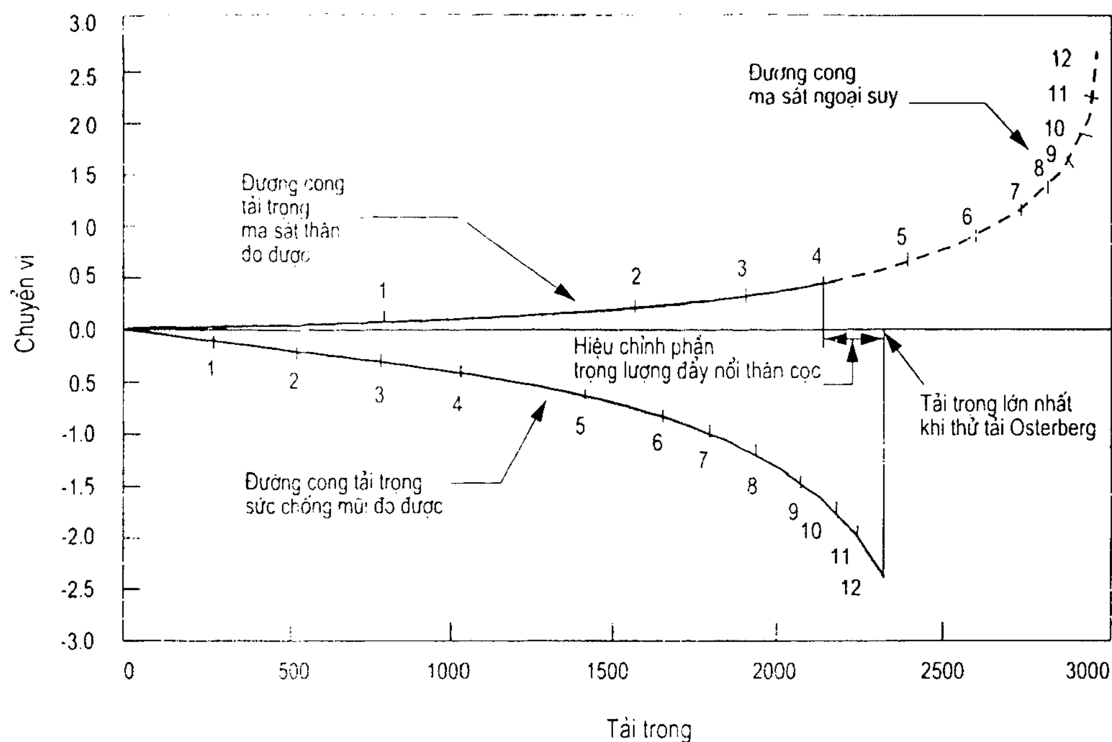

***Hình 5-6b, c:*** *Mô hình hoạt động thí nghiệm tải trọng bằng hộp tải trọng Osterberg cell*



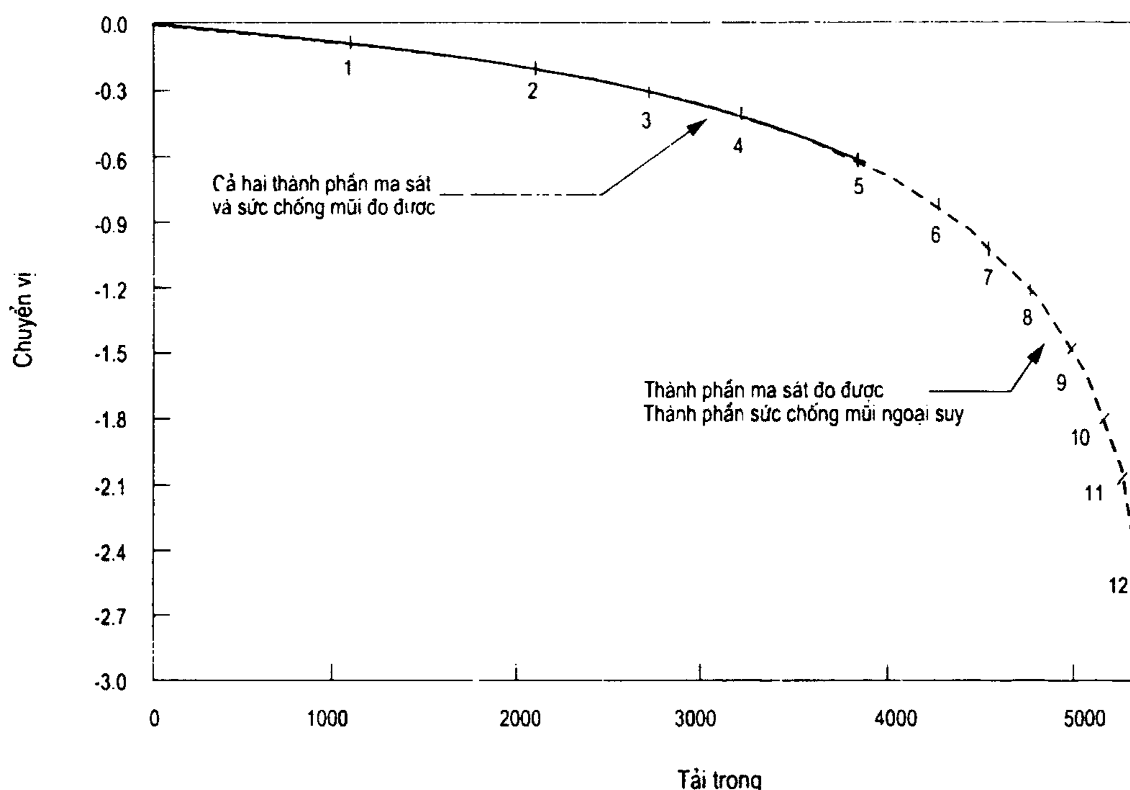

***Hình 5-7a:*** *Các đường cong tải trọng - chuyển vị đã đạt đến ma sát bên giới hạn*




*Hình 5-7b: Đường cong chuyển vị do chất tải đỉnh tương đương*

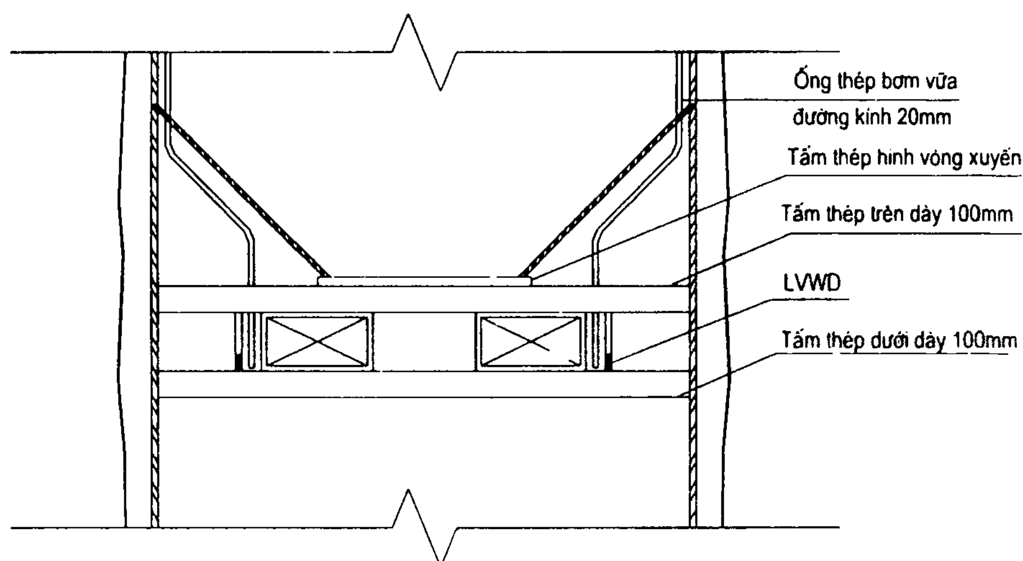



***Hình 5-7c:** Các đường cong tải trọng - chuyển vị đã đạt đến sức chống mũi bên giới hạn*

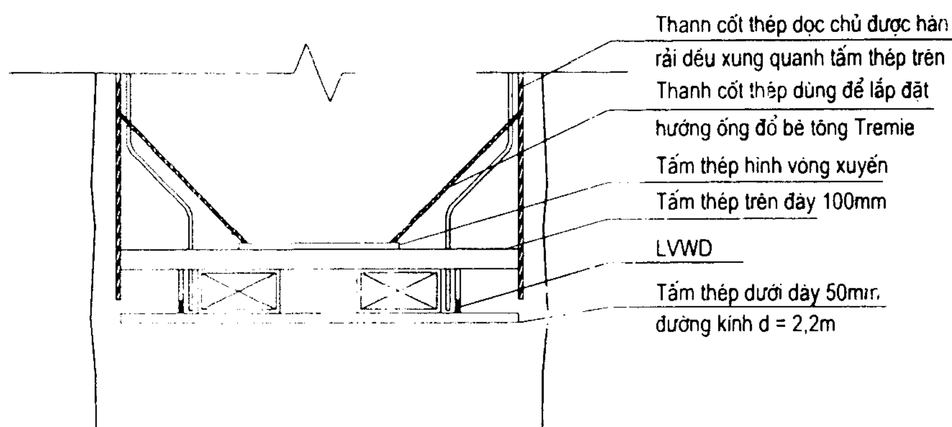



***Hình 5-7d:*** Đường *cong chuyển vị do chất tải đỉnh tương đương*

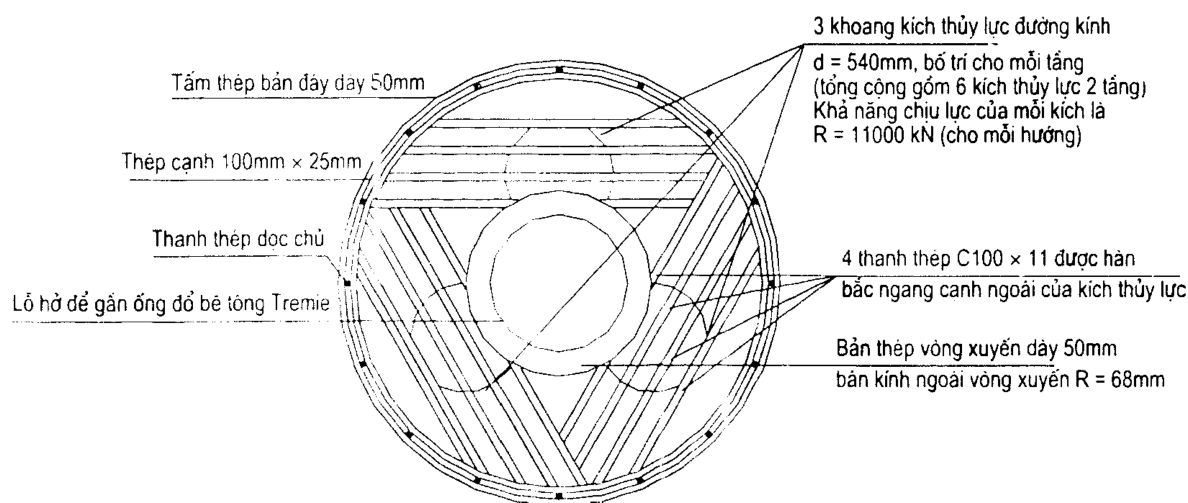
Thông qua các thiết bị máy dự báo này cho phép tính toán chiều dài đoạn nén tổng cộng của cọc trên suốt 6 lồng cốt thép nêu trên. Chuyển vị đầu cọc được đo bằng 2 đồng hồ kỹ thuật số với chuyển vị tối đa là 100mm sai số 0,0025mm. Đồng hồ kỹ thuật số dựa vào dầm chuẩn đặt trên đầu cọc. Dầm chuẩn dùng để kiểm tra quan sát chuyển vị, trong quá trình thí nghiệm cọc với mức sai số khảo sát lớn. Chuyển vị của dầm chuẩn tương đối nhỏ (tối đa khoảng 3mm).



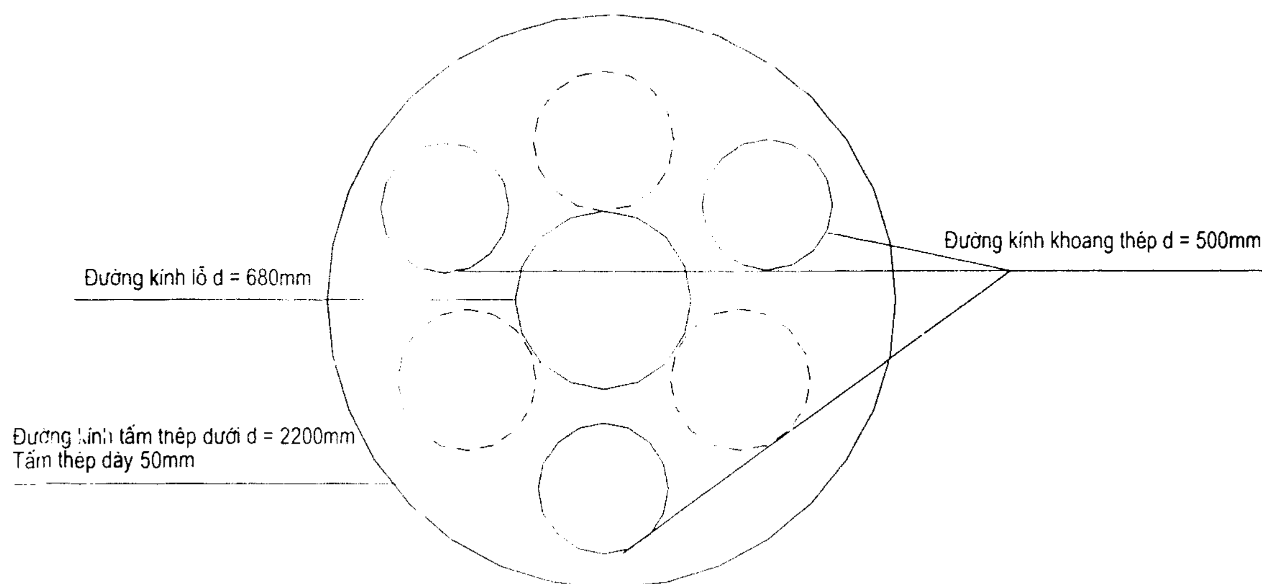

***Hình 5-8a:*** *Bố trí khoang hộp tải trọng Osterberg cell tầng giữa để kiểm tra ma sát thân cọc*



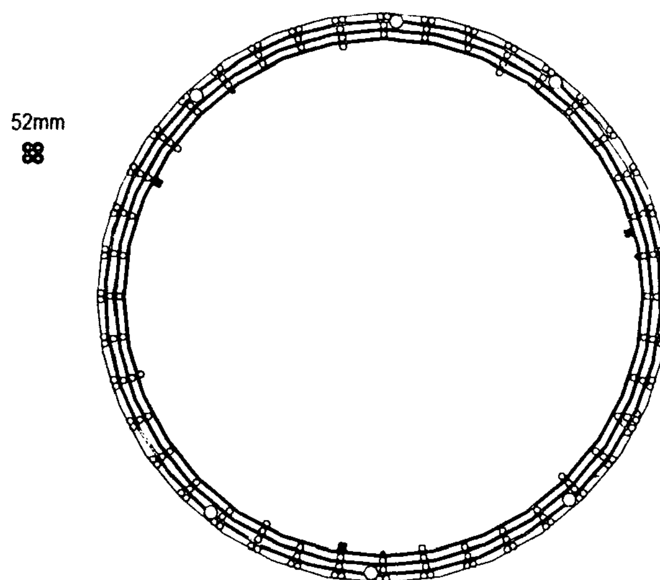

***Hình 5-8b:*** *Bố trí khoang hộp tải trọng Osterberg cell tầng đáy để kiểm tra sức kháng đầu cọc*




***Hình 5-8c:*** *Bố trí liên kết các kích thủy lực và khoang thép*




***Hình 5-8d:*** *Mặt đáy của khoang thép đỡ các kích thủy lực*




***Hình 5-8e:*** *Mặt cắt ngang lồng cốt thép bố trí các hệ thống dây cung cấp thủy lực*

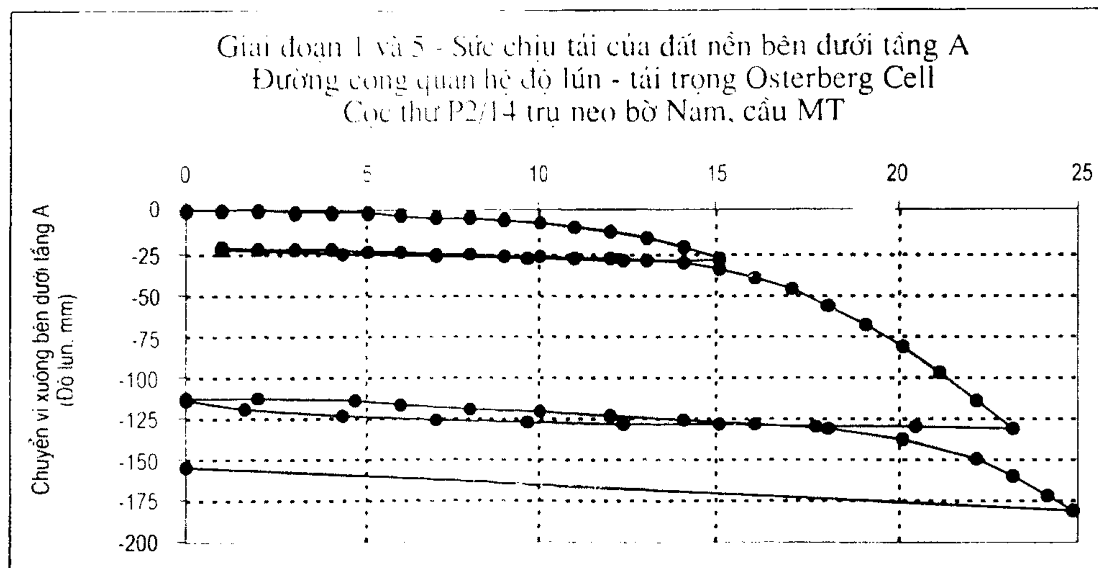
*Các số liệu về kích thước, cao độ, diện tích và đặc trưng để phân tích:*

- Đường kính danh định thân cọc 2,54m tính cho đoạn từ cao độ -0,95m đến 23,08m cũng là đoạn coc có vỏ ống thép.
- Đường kính danh định thân cọc 2,40m tính cho đoạn từ cao độ -23,08m đến -86,5m cũng là đoạn cọc nằm trong đất bên dưới đoạn có vỏ ống thép.
- Đường kính khoang thép kích thủy lực O-cell là 0,533m bố trí 3 O-cell cho mỏ tầng A và tầng B.
- Cao độ mặt đất là 2,22m
- Cao độ đỉnh cọc bêtông là -0,95m
- Cao độ đáy của O-cell tầng B là -68,14m (Cao độ này sẽ thay đổi do trong quá trình thử tải thân cọc sẽ dịch chuyển trồi lên hoặc lún xuống và mũi cọc dịch chuyển).
- Cao độ đáy của O-cell tầng B là -84,14m (Cao độ này sẽ thay đổi do trong quá trình thử tải thân cọc sẽ dịch chuyển trồi lên hoặc lún xuống và mũi cọc dịch chuyển).
- Cao độ mũi cọc -86,5m
- Cao độ sông 0,0m ± 1,0m
- Chiều dài cọc bị tách ra bên trên O-cell tầng A là 83,19m
- Chiều dài cọc bị tách ra bên trên O-cell tầng B là 67,19m
- Chiều dài cọc bị tách ra nằm giữa O-cell tầng A và tầng B là 16,0m
- Chiều dài cọc bị tách ra bên dưới O-cell tầng A là 2,36m
- Trọng lượng tĩnh của bêtông thân cọc đoạn trên O-cell tầng A là 4,88MN
- Trọng lượng tĩnh của bêtông thân cọc đoạn trên O-cell tầng B là 3,88MN
- Cường độ trung bình của bêtông cọc tại thời điểm thực hiện công tác thử tải là 48MPa (tương đương 489,6 kG/cm$^2$).

### *5.3.5.4. Các giai đoạn thí nghiệm thử tải tĩnh cọc*

Quá trình thử tải tĩnh cọc thực hiện qua 5 giai đoạn sau:

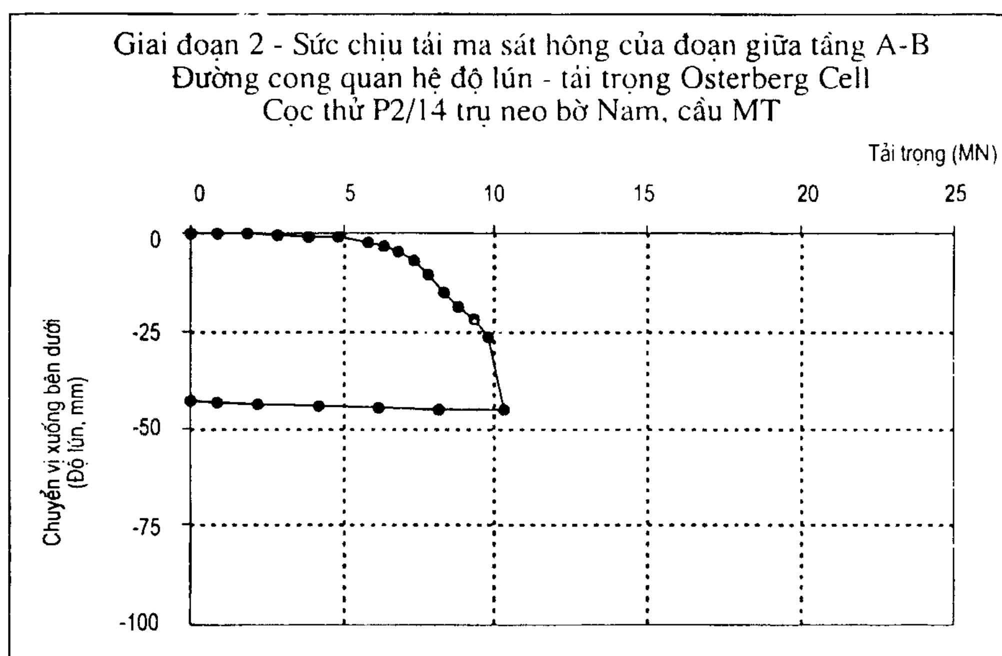
*Giai đoạn I:* sử dụng O-cell tầng A, tải trọng truyền xuống đoạn mũi cọc sử dụng sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc phần trên tầng A làm phản lực. Tải trọng lớn nhất cung cấp trong giai đoạn này là 23,2MN hay 2,365 T (2L-22) với độ dịch chuyển xuống của cọc (đẩy xuống) vào đất nền là 131,6mm.




*Hình 5-9: Xác định sức chịu tải của mũi cọc*

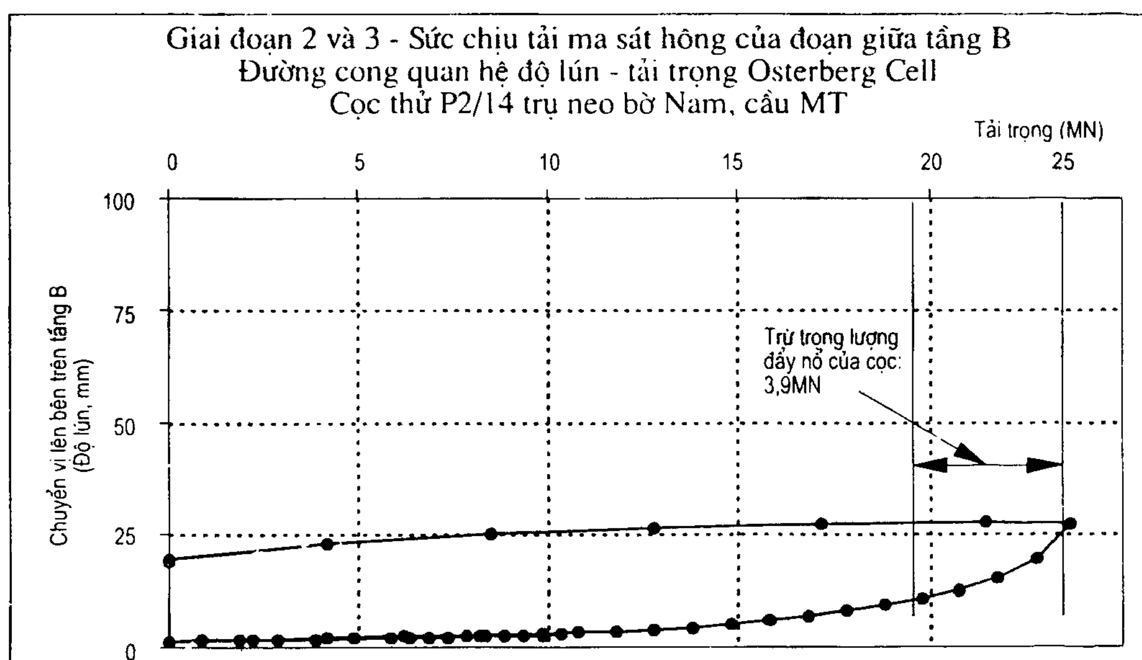
*Giai đoạn II:* sử dụng O-cell tầng B, tải trọng truyền xuống thành bên xung quanh thân cọc đoạn giữa tầng A và tầng B. Trong giai đoạn này hệ thống cung cấp thủy lực của O-cell tầng A để mở và không truyền tải trọng xuống mũi cọc. Tải trọng cung cấp tối đa giai đoạn này là 10,3MN hay 1.050 T(3L-15) làm đẩy thân cọc xuống một đoạn 45,2mm. (Trong đó bao gồm 1,0MN hay 102 T trọng lượng của cọc giữa tầng A và tầng B và tổng lực làm dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc sử dụng trong giai đoạn này là 11,3MN hay 1,152 T). Sử dụng sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc ở đoạn trên O-cell tầng B làm phản lực. Phần trên dính của O-cell tầng B dịch chuyển lên (đẩy lên) 1 đoạn 2,9mm tại giai đoạn cung cấp tải trọng lớn nhất), xem hình 5-10.

*Giai đoạn III:* sử dụng O-cell tầng B tải trọng truyền xuống dọc xung quanh thân cọc phần đoạn trên O-cell tầng B. Trong quá trình thực hiện giai đoạn này hệ thống cung cấp thủy lực O-cell tầng A đóng kín để cung cấp tải trọng truyền xuống đáy mũi cọc tạo phản lực bổ sung. Tải trọng sử dụng tối đa làm đẩy thân cọc đi lên trong giai đoạn này là 23,6MN hay 2.406 T. Do bởi tải trọng sử dụng làm đẩy nổi thân cọc đi lên trọng lượng đẩy nổi của cọc được nâng lên tới khả năng chịu lực tới hạn. Vì vậy, tổ hợp tải trọng 19,7MN hay 2.008 T (23,6MN hay 2.406 T trừ trọng lượng cọc 3,9MN hay 397 T) phải được sử dụng khi tính toán khả năng làm đẩy cọc xuống của phần chịu dịch chuyển này. Tổng chiều dài đoạn bị đẩy nổi phần trên O-cell tầng B là 26,9mm tại thời điểm cung cấp tải trọng lớn nhất, xem hình 5-11.




***Hình 5-10:*** *Xác định sức chịu tải do ma sát hông giữa đoạn cọc A-B và lớp cát S3*

*Giai đoạn IV:* sử dụng O-cell tầng B, tải trọng truyền xuống thành bên đoạn giữa các O-cell. Mục tiêu của giai đoạn này là để đóng các O-cell tầng A, cung cấp thêm tải rọng để dồn kiểm tra lại sức kháng mũi của đất nền. Các kích thủy lực O-cell tầng A để mở không truyền lực xuống đáy mũi cọc. Trong quá trình thực hiện giai đoạn này sử dụng sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc phần trên O-cell tầng B làm phản lực. Tải rọng sử dụng tối đa là 10,6MN hay 1.080 T (trong đó lấy 14,5 MN trừ đi trọng lượng cọc đoạn này là 3.9MN) làm đẩy thân cọc phần trên O-cell tầng B lên 1 đoạn 4,3 mm (23,0mn trừ di 18,7mm, 5L-0).




***Hình 5-11:*** *Xác định sức chịu tải do ma sát hông của đoạn cọc trên tầng B*

*Giai đoạn V:* sử dụng O-cell tầng A, truyền tải trọng xuống phần chân cọc phần nằm bên dưới các O-cell tầng A sử dụng sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc phần trên làm phản lực (các O-cell tầng B đóng). Tải trọng sử dụng tối đa là 24,9MN hay 2.538 T làm thân cọc lún xuống một đoạn 181,1mm. Trong quá trình tăng tải giai đoạn cuối này, sự dịch chuyển xuống (lún xuống của cọc) xảy ra cùng lúc với mất mát ứng suất của hệ thống thủy lực cung cấp bên trên mặt đất và việc thử tải kết thúc, xem hình 5-9.

***Bảng 5-2 :* Tóm tắt các giai đoạn thử tải cọc khoan nhồi**

| Giai đoạn | Phụ lục B giai đoạn cấp tải | O-cells @ | | Mục đích để đo | Xem hình |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tầng A | Tầng B | | |
| 1 | 1L, 1U<br>2L, 2U | Hoạt động cung cấp tải trọng | Đóng để truyền tải trọng | Sức kháng mũi của đất nền | 5-9 |
| 2 | 3L, 3U | Mở không truyền tải trọng | Hoạt động cung cấp tải trọng | Dịch chuyển xung quanh thân cọc đoạn giữa O-cell tầng A và tầng B | 5-10 |
| 3 | 4L, 4U | Đóng để truyền tải trọng | Hoạt động cung cấp tải trọng | Dịch chuyển xung quanh thân cọc đoạn trên O-cell tầng B | 5-11 |
| 4 | 5L, 5U | Mở không truyền tải trọng | Hoạt động cung cấp tải trọng | Đóng O-cell tầng A | |
| 5 | 6L, 6U | Hoạt động cung cấp tải trọng | Đóng để truyền tải trọng | Sức kháng mũi của đất nền | 5-9 |

***5.3.5.5. Sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc***

Tải trọng sử dụng tối đa để truyền xuống cho đoạn dài 16m nằm giữa O-cell, tầng A và O-cell tầng B là 11,3MN (trong đó gồm 10,3MN lực cung cấp cộng với 1,0MN trọng lượng thân cọc đoạn nằm giữa O-cell tầng A và tầng B). Giá trị tới hạn đơn vị của sức kháng dịch chuyển dọc xung quanh thân cọc được tính là 93,7 kPa hay 9,56 T/$m^2$ trong lớp đất cát chặt giữa O-cell tầng A và tầng B.

Sự nén ngắn của đoạn nằm trên O-cell tầng B trong suốt 3 giai đoạn thử tải được tóm tắt trong bảng sau. Toàn bộ tải trọng sử dụng là 19,7MN.

**Bảng 5-3**

| Đoạn nối giữa 2 lồng cốt thép | Cọc bị nén | Chiều dài | Giá trị trung bình phần triệu |
|---|---|---|---|
| Lồng thép số 2 -1 | 1,52mm | 11,63m | 131 |
| Lồng thép số 3 - 2 | 1,52mm | 14,48m | 105 |
| Lồng thép số 4- 3 | 1,14mm | 14,48m | 078 |
| Lồng thép số 5- 4 | 0,42mm | 13,82m | 030 |
| Lồng thép số 6- 5 | 0,11mm | 11,48m | 010 |
| Tổng cộng | 4,71mm | 65,89m | 324 |

***5.3.5.6. Sức kháng mũi của đất nền***

Tải trọng sử dụng tối đa truyền xuống đáy mũi cọc dưới O-cell tầng A là 24,9 MN trong giai đoạn thứ 5 (6L-14). Cọc bị lún xuống (dịch chuyển xuống) một đoạn 181mn. Đoạn cọc bên dưới của O-cell tầng A có kích thước 2,36m chịu sức kháng dịch chuyển xung quanh thân cọc (ma sát hông). Giả thuyết có giá trị lực ma sát đơn vị tới hạn (9?,7 kPa) giống như giá trị trung bình của tầng đất bên trên O-cell tầng A. Sự phân bố tải trọng từ sức kháng mũi của đất nền đến ma sát hông thân cọc với lớp đất cọc xuyên qua nằm lên dưới O-cell tầng A được tính là 1,7MN. Giá trị tới hạn đơn vị của sức kháng mũi củađất nền được tính sẽ là 23,2MN và khả năng chịu lực đơn vị là 5,17MPa, trong đó bao gồm trọng lượng cọc với giả thuyết đường kính mũi cọc là 2,40m.

***5.3.5.7. Các giới hạn từ biến:***

Việc đo đạc được thực hiện từ 2 đến 4 phút dưới tác dụng của tải trọng bất biến trong suốt quá trình thử tải bằng O-cell nhằm cung cấp cho người kỹ sư biết được thông tin hữu ích về đặc trưng của các giới hạn từ biến. Trên hình 5-12, 5-13, 5-14 mô tả 3 đường cong giới hạn từ biến trong quá trình thử tải cọc. Một đường cong giới hạn từ biến được xác định có trị số là 10,5MN sau khi dịch chuyển cọc một đoạn 7mm nằm ở lớp đất nền của mũi cọc xảy ra trong giai đoạn thử tải thứ nhất. Một đường cong giới hạn từ biến đạt đến giá trị độ lớn sức kháng dịch chuyển xung quanh thân cọc (ma sát hông) khoảng 7,8MN sau khi dịch chuyển cọc một đoạn 5mm của đoạn cọc nằm bên dưới O-cell tầng A xảy ra trong giai đoạn thử tải thứ hai. Một đường cong giới hạn từ biến đạt đến giá trị độ lớn sức kháng dịch chuyển xung quanh thân cọc (ma sát hông) khoảng 17,7MN sau khi dịch chuyển cọc một đoạn 13mm của đoạn cọc nằm trên xảy ra trong giai đoạn thử tải thứ ba. Qua kết quả trên cho thấy từ biến trực tiếp đáng kể này sẽ không bắt đầu xuất hiện ở mũi cọc cho đến khi tải trọng cao nhất truyền vào thân cọc đạt giá trị lớn 34,1MN làm dịch chuyển cọc trồi lên 1 đoạn 13mm.

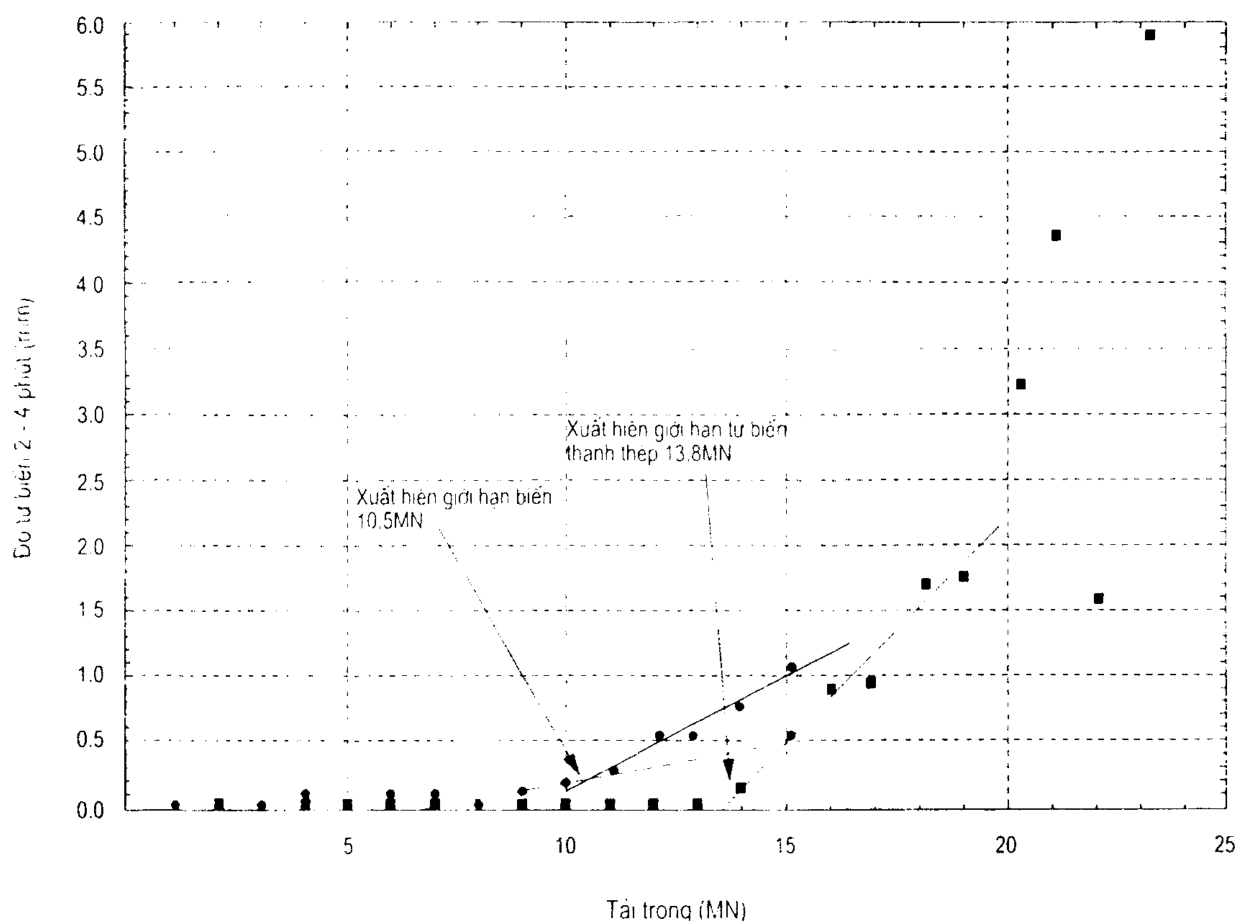
- Thí nghiệm thử tải cọc đạt được sự thành công sau khi tải trọng được truyền đến giá trị khả năng chịu tải tới hạn trong 3 đoạn cọc bao gồm: dịch chuyển đi xuống (lún cọc) của phần đất nền mũi cọc, dịch chuyển thân cọc đi xuống (lún) của đoạn nằm bên dưới và dịch chuyển thân cọc chồi lên của đoạn trên xảy ra xung quanh thân cọc.

- Hình 3-10 trình bày trị số đỉnh đường cong tải trọng tương đương được thành lập phù hợp theo Phụ lục D. Ứng với giá trị 39MN của đường cong tải trọng lớn nhất tương đương, số liệu thí nghiệm cho biết được phần mũi cọc có thể sẽ lún một đoạn khoảng 25mm. Một cách thận trọng có thể tính phép ngoại suy từ số liệu dịch chuyển xung quanh thân cọc (ma sát hông) với độ lún cọc khoảng 100mm sẽ cho biết được tải trọng lớn nhất là khoảng 47,4 MN.

- Xin lưu ý rằng để xác định tải trọng cao nhất chúng ta có thể lấy thành phần sức kháng mũi của cọc trừ đi tải trọng toàn bộ phần mũi cọc (4,9MN) và đối với đoạn giữa O-cell tầng A và O-cell tầng B phải cộng thêm trọng lượng thân cọc (1,0MN) cho phần cọc bị dịch chuyển xuống (lún) được đo cho đoạn này.

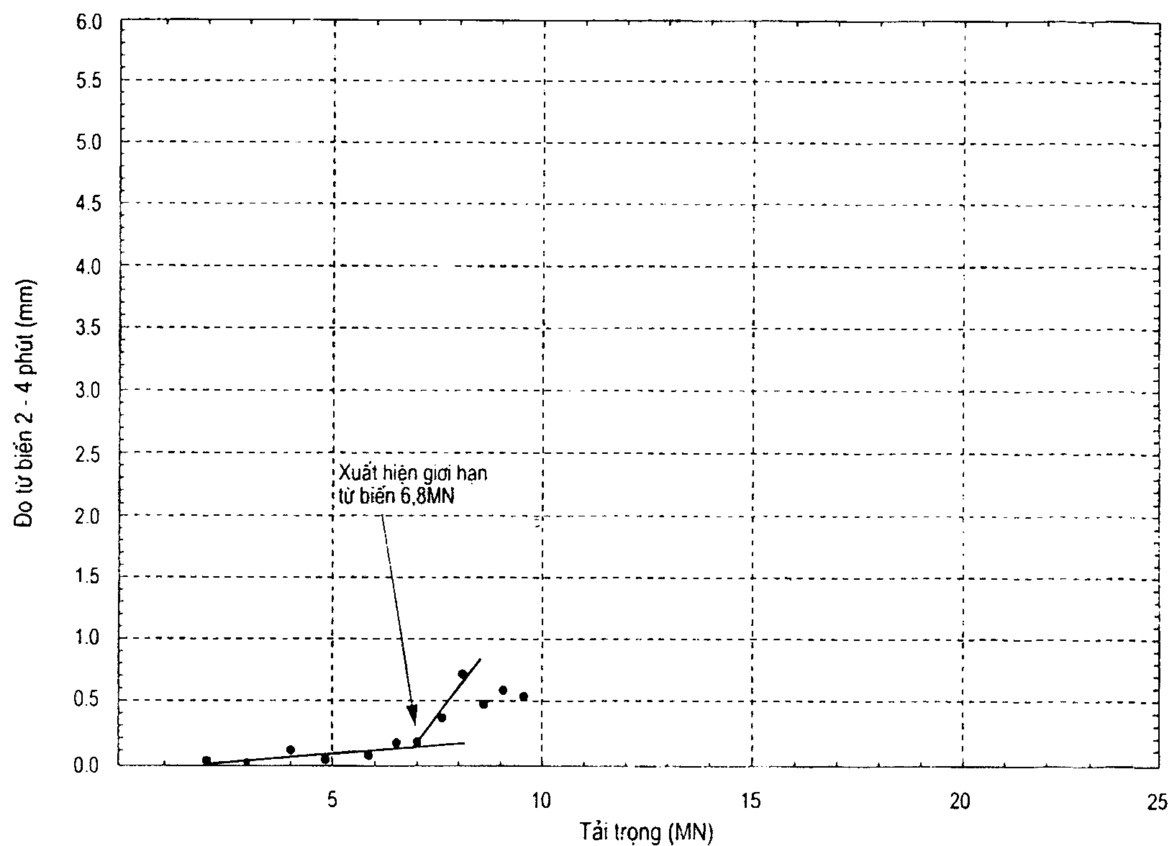
Tóm tắt kết quả đo độ nén lại của cọc bằng thiết bị máy đo nén dự báo đặt nằm chìm đoạn nối giữa các lồng cốt thép trong cọc:

*Giai đoạn 1:* đường cong giới hạn từ biến tại mũi cọc Cọc số 2 Trụ neo bờ Nam cầu Mỹ Thuận

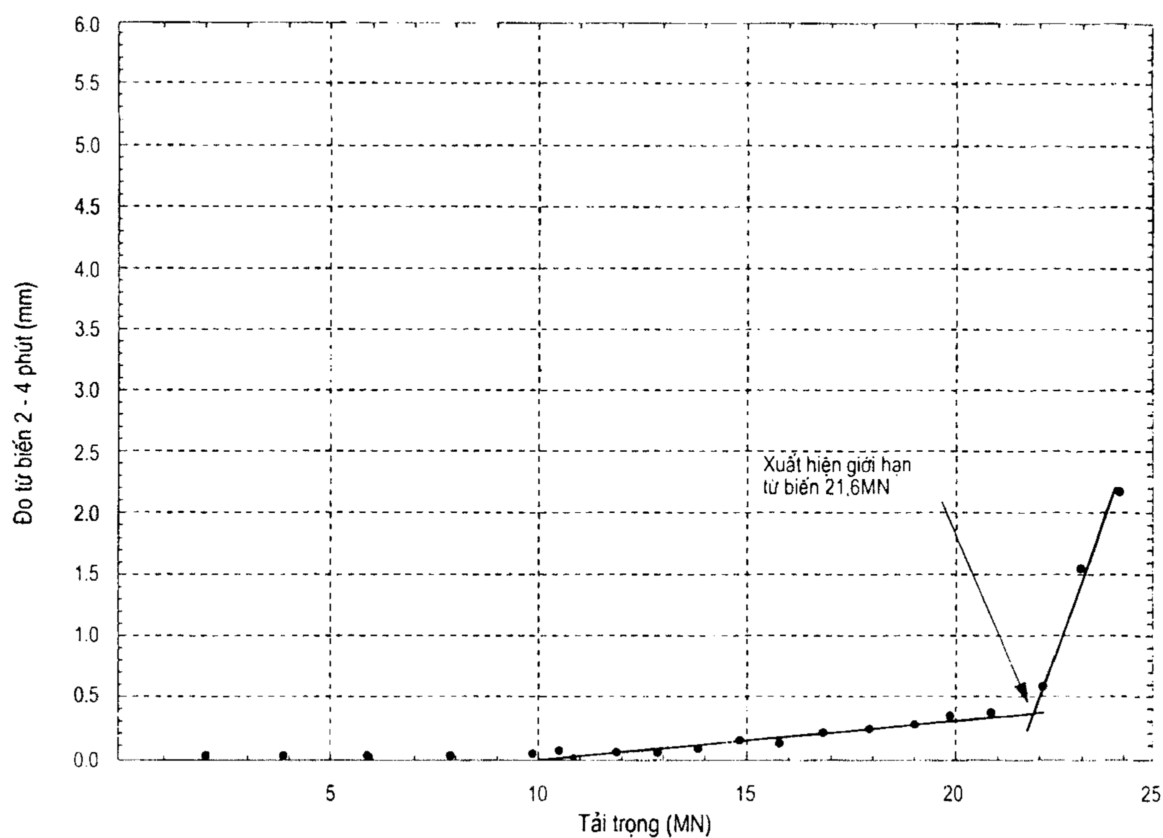



***Hình 5-12:** Đường cong giới hạn từ biến sức chống mũi cọc*

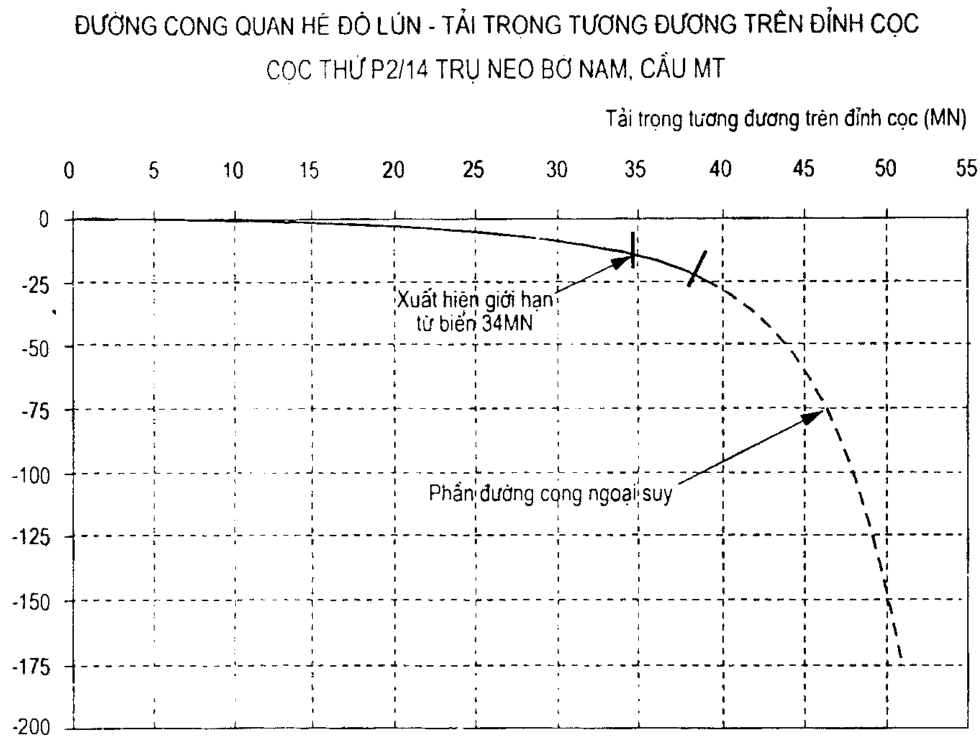
*Giai đoạn 2:* Đường cong giới hạn từ biến ma sát hông đoạn gần mũi cọc




***Hình 5-13:*** *Đường cong giới hạn từ biến ma sát hông thân cọc đoạn dưới O-cell tầng B*




***Hình 5-14:*** *Giai đoạn 3: Đường cong giới hạn từ biến ma sát hông thân cọc trên Ocell ầng B*




***Hình 5-15:*** *Biểu thị đường cong quan hệ tải trọng tương đương trên đỉnh cọc - độ lún*

**Bảng 5-4**

| Tầng | Cao độ đỉnh | Cao độ đáy | Chiều dài (m) |
|---|---|---|---|
| Tầng 1 | -68,40 m | -83,64 m | 15,24 m |
| Tầng 2 | -56,02 m | -67,65 m | 11,63 m |
| Tầng 3 | -41,44 m | -55,92 m | 14,48 m |
| Tầng 4 | -26,85 m | -41,33 m | 14,48 m |
| Tầng 5 | -12,96 m | -26,78 m | 13,82 m |
| Tầng 6 | -1,40 m | -12,88 m | 11,48 m |

### *5.3.5.8. Nhận xét về các kết quả thử tải tĩnh cọc khoan nhồi trụ neo bờ Nam cầu MT*

*5.3.5.8.1. Cơ sở đánh giá*

Theo hồ sơ thiết kế ban đầu, chiều dài danh định cọc khoan nhồi của trụ neo bờ là -85m và trụ tháp là -100m. Để có thể xác định chính xác với chiều sâu cần thiết đáp ứng về mặt chịu lực theo thiết kế thì sẽ phải thực hiện việc kiểm tra địa tầng các lớp cọc sẽ xuyên qua bằng cách khoan hố khoan bổ sung và kiểm tra đánh giá dựa trên các kết quả thử tải cọc.

Trong hồ sơ đấu thầu, các cọc khoan nhồi được bỏ giá với chiều sâu giả thuyết là -85m. Điều này dẫn đến việc nếu vẫn giữ nguyên chiều dài cọc theo hồ sơ thầu thì sẽ có những vị trí chiều dài của hệ móng cọc phần cầu chính có thể không đủ hay không đáp ứng về khả

năng chịu lực cũng như không đảm bảo độ bền của công trình cầu dẫn đến việc đầu tư xây dựng cầu không mang lại hiệu quả thiết thực. Còn ngược lại sẽ có một vài vị trí chiều dài hệ móng cọc có thể quá dư thừa gây lãng phí không những về kinh phí mà còn ảnh hưởng nghiêm trọng đến tiến độ thi công.

Xuất phát từ những vấn đề trên, Nhà thầu đã báo cáo Chủ đầu tư và Tư vấn giám sát cho phép thực hiện việc thử tải tĩnh cho từng vị trí hố móng để xác định khả năng chịu lực thực tế của cọc dựa trên số liệu thiết kế.

Dựa trên kết quả thử tải tĩnh, từ đó có thể quyết định chiều dài cần thiết của cọc khoan nhồi. Chiều dài cần thiết của cọc khoan nhồi thực tế của một vài vị trí móng của trụ cầu có thể sẽ dài hơn hoặc có thể sẽ ngắn hơn so với chiều dài cọc theo thiết kế đã được bỏ giá. Trường hợp, nếu chiều dài cọc thực tế cần thiết để đáp ứng khả năng chịu lực theo thiết kế lớn hơn so với chiều dài cọc giả thuyết trong lúc bỏ thầu thì khối lượng phần chiều dài cọc gia tăng thêm sẽ được tính thêm chi phí bổ sung so với chi phí bỏ thầu.

Hai cọc khoan nhồi trụ neo bờ Nam (trụ số 14) được hạ ở độ sâu -85m với chiều dài cọc thực tế dài hơn so với chiều dài cọc khoan nhồi thiết kế cho trụ neo, nhằm nhấn mạnh mục tiêu thực hiện việc thử tải cọc qua các địa tầng liên quan (đặc biệt qua lớp đất sét C3 và lớp đất cát S3). Thông qua kết quả thử tải cọc dẫn đến việc quyết định chiều sâu hạ cọc khoan nhồi cho trụ tháp bờ Nam là -95m cọc hạ sâu vào lớp đất cát S3 một đoạn 2 đến 3m nằm bên dưới đoạn chuyển tiếp (như thế chiều dài cọc khoan nhồi cần thiết đã được rút ngắn hơn so với chiều dài cọc thiết kế là 5m).

*5.3.5.8.2. Giải thích về thử tải cọc*

Hai cọc khoan nhồi trụ neo bờ Nam được thử tải với sơ đồ bố trí tương tự nhau, bao gồm 2 tầng kích thủy lực dạng khoan thép tách biệt nhau còn gọi là O-cells, được bố trí tại độ sâu -68m (tầng B) và -84m (tầng A) so với cao độ mũi cọc là -86,4m (xem hình 5-1b).

Hai lớp đất chịu lực chính để cung cấp phản lực cọc tại vị trí trụ neo bờ Bắc và bờ Nam là tầng đất sét C3 và tầng đất cát S3.

Tại vị trí hố móng trụ neo bờ Nam, đoạn chuyển tiếp giữa 2 lớp đất trên ở độ sâu khoảng -70m, hoặc bên trên O-cells tầng B một chút.

Các giai đoạn chính trong quá trình thử tải cọc khoan nhồi bao gồm:

1. Truyền tải trọng xuống đoạn dưới O-cells tầng A để phá hoại đoạn mũi cọc;

2. Truyền tải trọng xuống phần trên O-cells tầng B trong khi đó ở O-cells tầng A để mở để phá hoại đoạn giữa O-cell tầng A và O-cell tầng B;

3. Truyền tải trọng xuống phần trên O-cells tầng B trong khi đó ở O-cells tầng A đóng để phá hoại phần trên O-cell tầng B.

+ *Giai đoạn I:* Giai đoạn I của quá trình thử tải cọc cho phép đánh giá khả năng chịu tải của lớp đất nền ở đoạn mũi cọc trong tầng cát S3, trong khi đó giai đoạn II kiểm tra trị số ma sát trung bình nằm trong lớp đất cát S3.

+ *Giai đoạn II:* cho biết trị số ma sát trung bình của cọc nằm bên trên độ sâu -68m, từ đó có thể chủ động đánh giá được ma sát của tầng đất sét C3.

Qua kết quả thử tải tĩnh cọc khoan nhồi thứ nhất của trụ neo bờ Nam cho thấy nếu tăng cường ma sát giữa thân cọc và đất nền xung quanh thân cọc sẽ làm tăng khả năng chịu lực của cọc khoan nhồi và có thể rút ngắn được chiều dài cọc. Xuất phát từ suy luận trên, Nhà thầu đã đưa ra các điều chỉnh được thực hiện trong kỹ thuật thi công hai cọc của trụ neo bờ Nam là giải pháp tăng cường ma sát hông giữa thân cọc và đất nền xung quanh bằng cách sử dụng thiết bị chổi quét.

Cọc thứ nhất được thi công và thử tải theo đúng chiều dài thực của thiết kế và cọc thứ hai được thi công ngắn hơn cọc thứ nhất một ít, với mực bentonite giảm xuống còn 1,5m bên trên mực nước ngầm và tăng cường ma sát bề mặt hố khoan (nằm trong lớp sét C2 và sét C3) bằng chổi quét bố trí các sợi cáp hàn chặt vào khối thép hình trụ có rãnh để thoát nước.

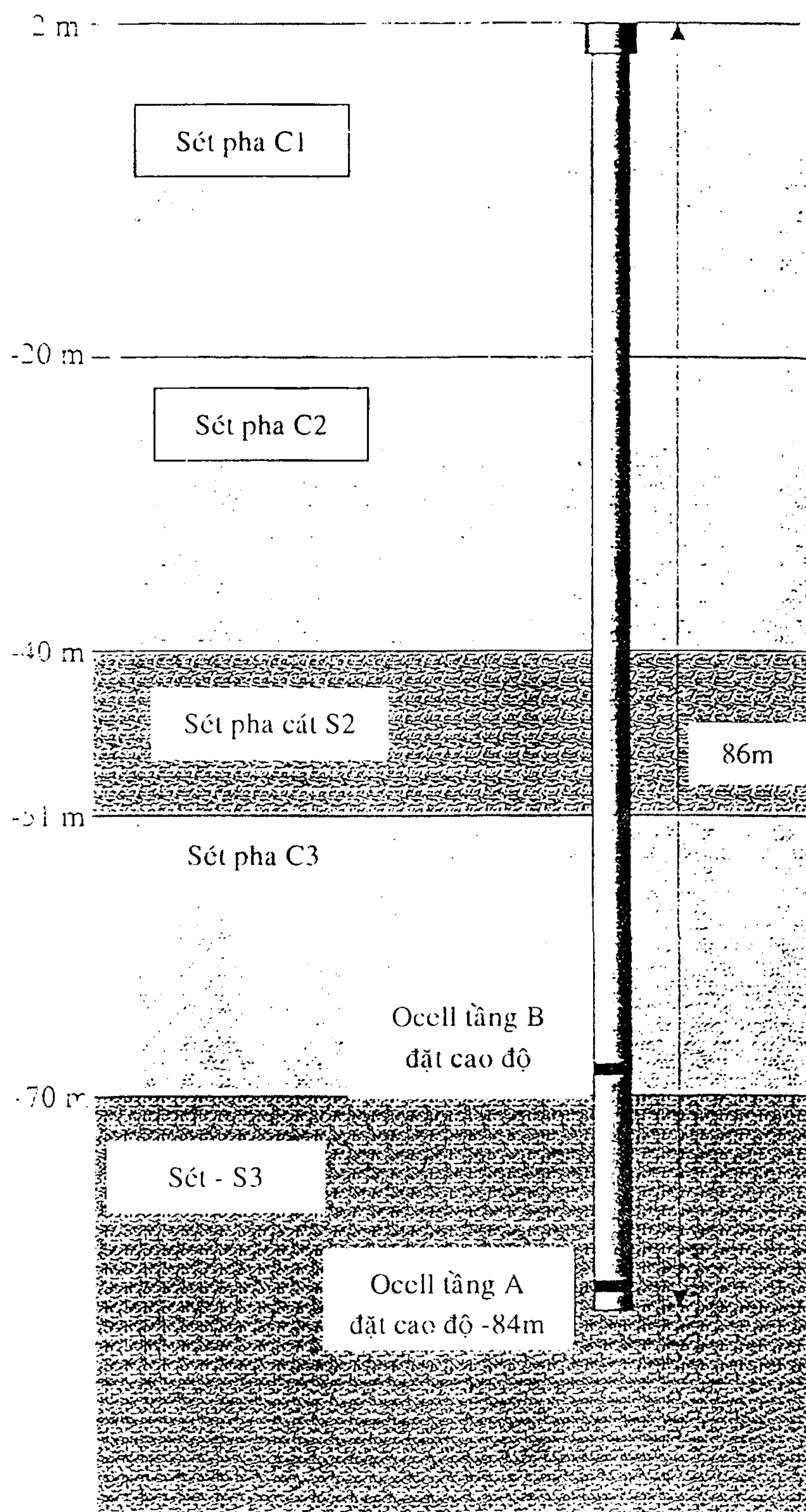
Giải thích việc thử tải cọc được thực hiện với giả thuyết đường kính trung bình của cọc là 2,45m (so sánh với 2,4m là kích thước của gầu ngoạm). Trên hình 5-17 trình bày việc so sánh kết quả thử tải giai đoạn I của mỗi cọc, trong đó đoạn mũi cọc thử đến phá hoại. Theo lý thuyết về đường cong, để đạt được kết quả so sánh sử dụng quy tắc truyền tải trọng không tuyến tính, RATZ (Randolph, 1986), dựa vào kết quả thử tải cho thấy trị số ma sát là 90 kPa lớn hơn ma sát thân cọc và áp lực tới hạn của đất nền mũi cọc là 4,5MPa. Kết quả thử tải của hai cọc đều tương tự nhau và phù hợp với lý thuyết đường cong.

Một so sánh tương tự trình bày ở hình 5-18 đối với đoạn dài 16m nằm giữa O-cells tầng A và O-cells tầng B. Để tiện lợi, tham khảo phần trình bày các kết quả thử tải cho trị số ma sát trung bình nằm phần bên dưới hình vẽ. Trên cơ sở kết quả thử tải cọc thứ hai cho thấy khả năng chịu lực của cả hai gần như tương tự nhau, tuy nhiên qua kết quả thử tải lần hai cho thấy khả năng chịu lực cao hơn một ít. Kết quả thử tải cần thiết phải hiệu chỉnh cho phần trọng lượng (chìm) của đoạn cọc tương đương với phần ma sát bổ sung là 7,3 kPa.

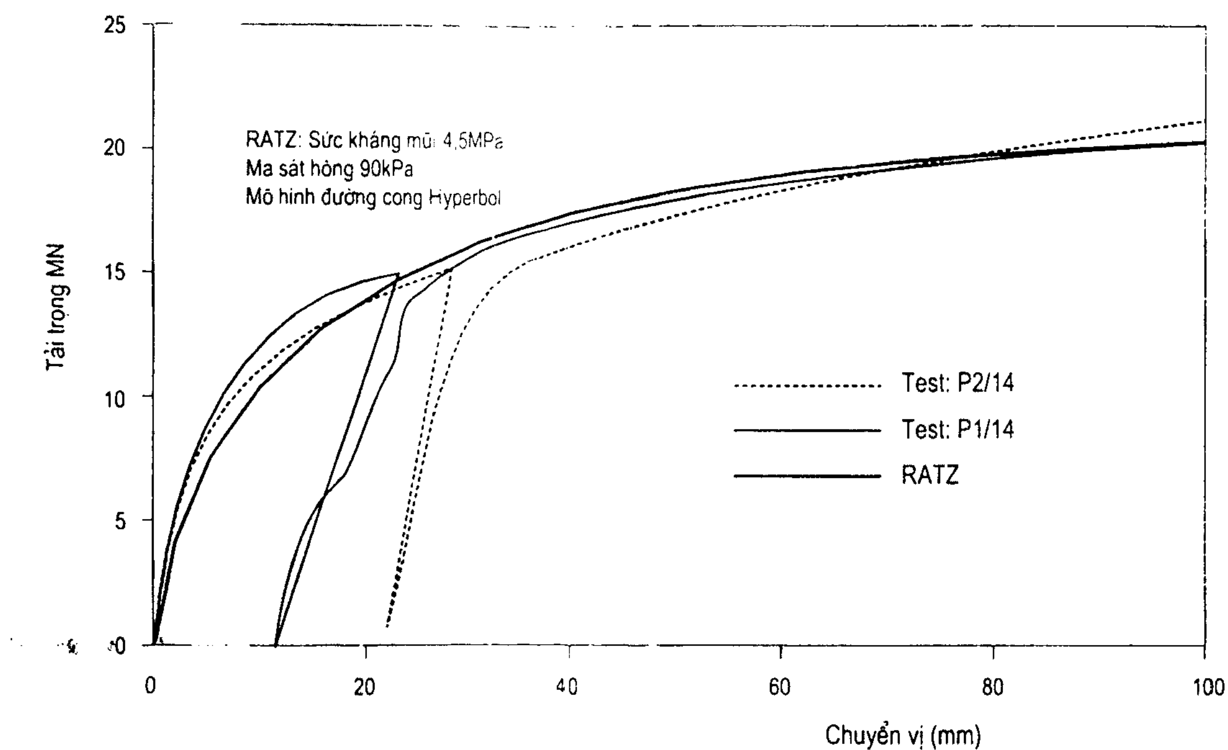
Căn cứ vào kết quả thử tải cọc số 1 trụ neo bờ Nam (P1/P14) cho thấy đường cong đạt giá trị cực đại là 83 kPa trong khi đó trị số ma sát theo thiết kế là 90kPa, do đó trị số ma sát thiết kế là hợp lý.

***Ghi chú:*** *Việc xác định tải trọng tương đương trên đỉnh cọc đã trừ đi trọng lượng đẩy nổi của toàn thân cọc (4,9MN).*

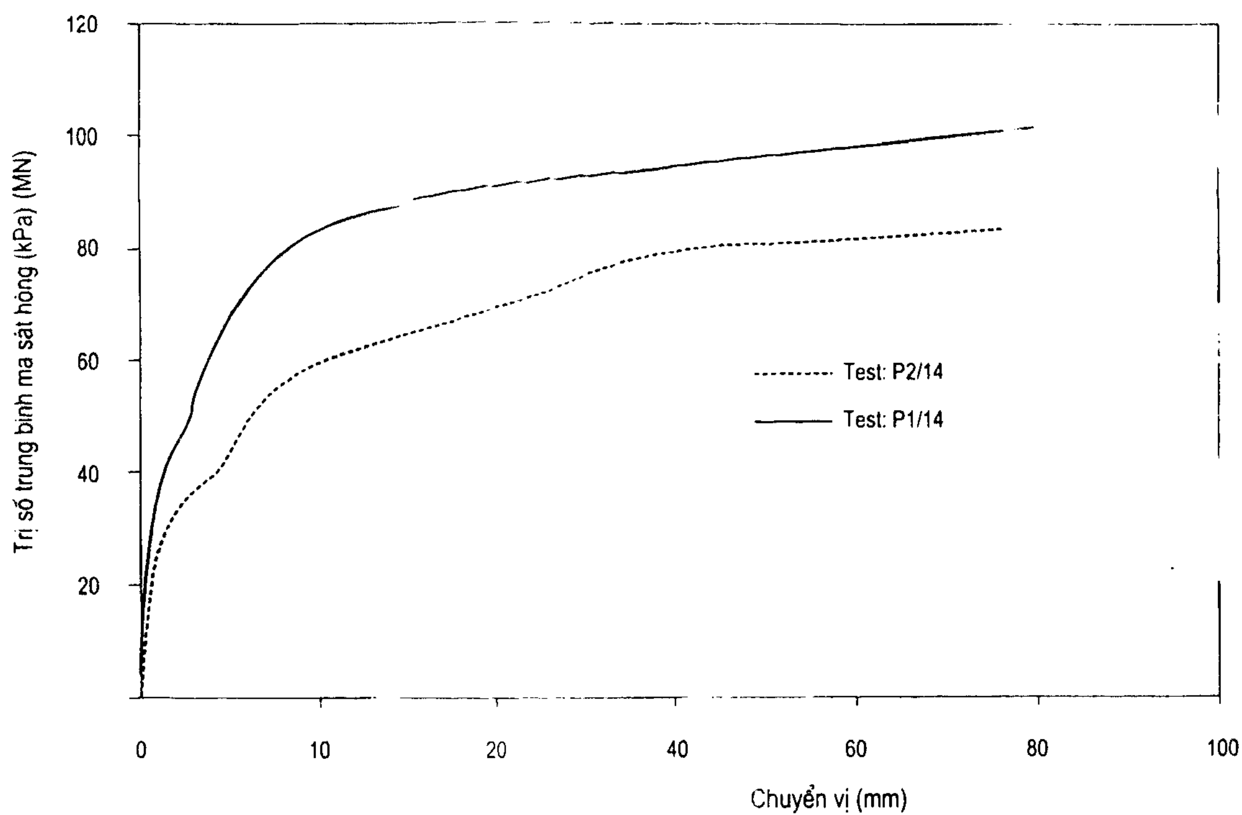
Từ hình 5-12, nhận thấy rằng độ mỏi của cọc này sẽ bắt đầu cho tới khi chất tải trên đỉnh cọc lớn hơn 34MN (ứng với chuyển vị đỉnh cọc là 13mm). Còn khi chất tải tương đương trên đỉnh cọc là 39MN thì sẽ chuyển vị đỉnh cọc xấp xỉ là 25mm. Việc ngoại suy trên đường quan hệ mang tính chủ quan cho thấy có một tải trọng là 47,4MN ở một độ lún là 100mm.




***Hình 5-16:*** *Mặt cắt địa tầng cọc khoan nhồi P2 trụ neo bờ Nam cầu MT xuyên qua*




***Hình 5-17:*** *So sánh kết quả thử tải cọc trụ neo bờ Nam - Sức kháng đoạn mũi cọc*




***Hình 5-18:*** *So sánh kết quả thử tải cọc trụ neo bờ Nam –*
*Sức kháng đoạn giữa O-cell tầng A và O-cell tầng B*

Kết quả tính toán cọc thử P2/14 trụ neo bờ Nam. Cầu MT của một số tiêu chuẩn hiết kế:

Cọc thử có đường kính $\phi$2500mm, dài 85,55m, nằm trong địa tầng như nêu ở 'ảng 5-1 và được liệt kê trong bảng 5.5:

***Ghi chú:*** *Sức chịu tải cực hạn và cho phép ghi trong bảng 5-5($Q_u$, $Q_a$) đã trừ đi trọng lượng đẩy nổi của cọc ($W = \pi \times 2,4^2/4 \times 85,55 \times (2,5 - 1) = 629,9$ tấn).*

*Sức chịu tải cực hạn do thử tải được: 3900 tấn, xem hình5-17;*

**Bảng 5.5**

| TT | Thành phần lực P(t) | Sức chịu tải cực hạn do mũi cọc | | | Sức chịu tải cực hạn do ma sát hông | | | | Sức chịu tải của cọc | | Sức chịu tải cực hạn thử tĩnh (tấn) | Sai số % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Qp (Tấn) | | Hệ số AT | Qs trong đất: | | $Q_S$ (Tấn) | Hệ số AT | Qu(Tấn) | Qa (Tấn) | | |
| | Trong lớp đất: | Dính | Rời (cát) | | Dính (sét) | Rời (cát) | | | Cực hạn | Cho phép | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | TCXD195:97(PTN) | | 2,457 | 2.50 | 3400 | 451 | 3,850 | 2.50 | 6,307 | 2,523 | 3,90 | 38 |
| 2 | ASSHTO 1998 - MỸ | | 1,610 | 2.00 | 3784 | 3200 | 6,984 | 1.74 | 5,519 | 3,172 | 3,90 | 29 |
| 3 | AUSTROADS '92-ÚC | | 4,006 | 2.50 | 2994 | 1576 | 4,570 | 2.50 | 8,576 | 3,430 | 3,90 | 55 |

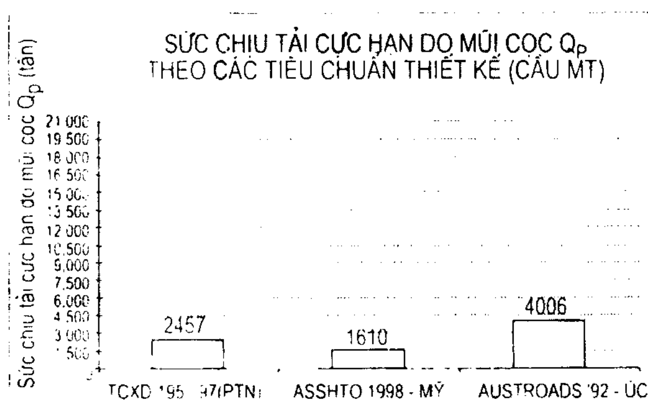
* *Nhận xét:*

Tính toán theo công thức của TCXD 195-thí nghiệm hiện trường, cho giá trị sức chịu tải giới hạn lớn hơn so với giá trị thực tế nén tĩnh (38%), giá trị sức chịu tải do mũi cọc lớn hơn một ít so với thực tế (2457 > 2360MN);

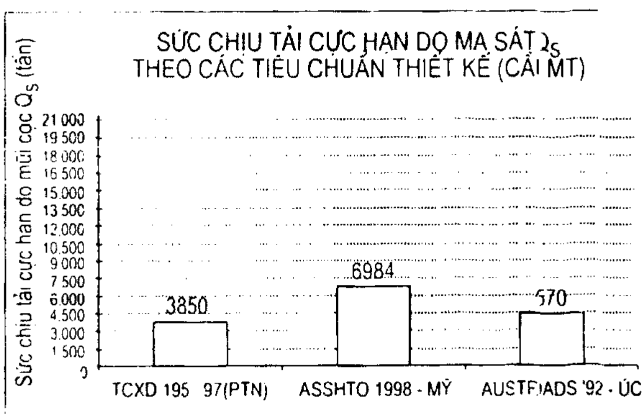
Tính theo công thức của ASSHTO - LRFD - 1998 cũng cho kết quả gần với kết quả thực tế nén tĩnh (lớn hơn khoảng 29%);

Nói chung, giá trị sức chịu tải giới hạn tính theo công thức của AASHTO LRIF-1998, AUSTROADS 1992, công thức TCXD 195:1997 (thí nghiệm trong phòng) gần với giá trị sức chịu tải giới hạn thực tế (kết quả nén tĩnh).

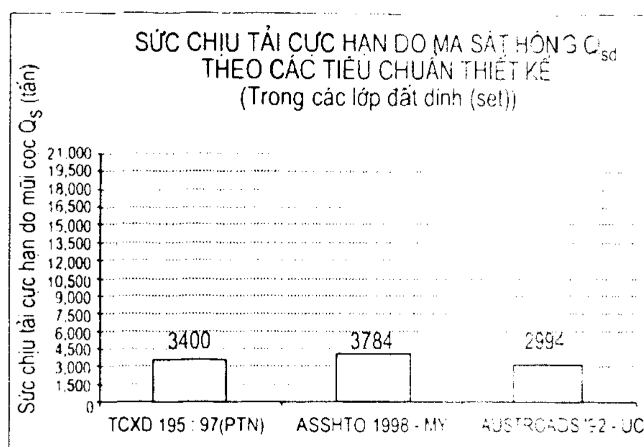
*Có thể biểu thị kết quả tính ở bảng 5-5 thông qua các biểu đồ sau:*



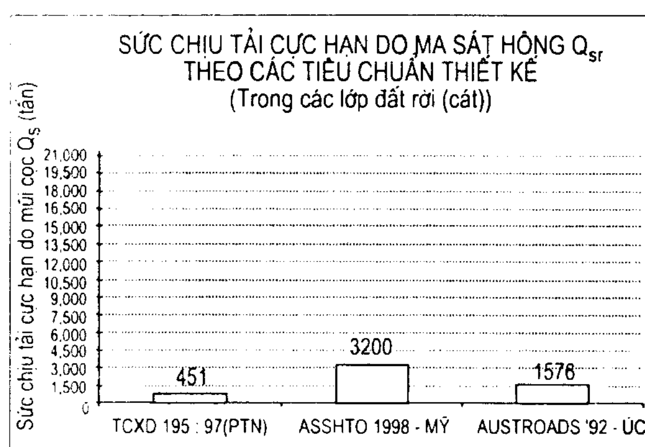

**Hình 5-19**




**Hình 5-20**




*Hình 5-21*




*Hình 5-22*

## 5.3.6. Nhận xét, kết luận

### *5.3.6.1. Nhận xét*

Qua các phương pháp kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi đã trình bày ở trên có nhận xét - kết luận như sau:

Khâu kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi là khâu rất quan trọng không thể thiếu được. Vì vậy, cần phải lựa chọn phương pháp kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi sao cho vẫn đảm bảo yêu cầu mà chi phí lại thấp nhất;

Trong các phương pháp kiểm tra chất lượng bê tông cọc khoan nhồi thì phương pháp khoan lấy lõi cho kết quả chính xác nhất, nhưng chí phí cao và thời gian kiểm tra lâu nhất. Kế đến, 2 phương pháp tia gamma và siêu âm truyền qua lỗ cũng cho kết quả đáng tin cậy, thời gian kiểm tra nhanh và giá thành không cao, còn phương pháp biến dạng thì cho kết quả với mức tin cậy không cao nhưng thời gian thử lại rất nhanh và chi phí rất .é. Do vậy, tuỳ theo mức độ quan trọng của công trình mà ta sẽ lựa chọn phương pháp nào cho thích hợp;

Trong các phương pháp thử tải trọng cọc khoan nhồi: Phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thống tuy không dùng thiết bị hiện đại nhưng chi phí cũng sẽ rất cao khi gặp điều kiện khó khăn về mặt bằng. Kết quả thử tải là sức chịu tải tổng cộng của cọc (không cho biết riêng: sức chịu tải của mũi cọc và sức chịu tải thân cọc). Đối với vị trí các cọc khoan nhồi nằm ở nơi sông rộng, nước sâu hoặc ở địa hình chật hẹp thì việc chất tải bằng các đối trọng để thử tải tĩnh truyền thống gặp khó khăn gây tốn kém, đôi khi không thực hiện được. Bên cạnh đó đối với các cọc khoan nhồi có sức chịu tải từ 4-10.000 tấn hoặc lớn hơn thì hệ đối trọng để gia tải theo phương pháp này cũng sẽ gặp khó khăn, không thực hiện được. Do vậy phạm vi áp dụng thử tải tĩnh truyền thống chủ yếu sử dụng để thử tải các cọc có tải trọng dưới 4.000 tấn và cọc bố trí ở mặt bằng rộng rãi và trên cạn.

Phương pháp thử động biến dạng lớn không thay thế hoàn toàn được phương pháp thử tĩnh. Nhưng các kết quả thử động biến dạng lớn sử dụng thiết bị phân tích đóng cọc - PAD

được phân tích chi tiết, so sánh với thử tĩnh và phân tích CAPWAP tương đương sẽ giúp giảm bớt thử tĩnh;

Đối với các công trình dưới nước như móng, cảng, cầu, v.v... hoặc các dự án nhỏ mà việc thử tĩnh gặp khó khăn về điều kiện thi công, thời gian chờ đợi làm tăng chi phí thử tải cọc. Khi đó việc thử động biến dạng lớn bằng thiết bị phân tích đóng cọc - PDA là rất thích hợp;

Sử dụng thiết bị phân tích đóng cọc - PDA giúp ta kiểm soát được chất lượng cọc trong quá trình thi công. Theo dõi những vấn đề có thể xảy ra đối với búa, cọc, đất sẽ sớm phát hiện được các sự cố để xử lý kịp thời những vấn đề ảnh hưởng đến tiến độ thi công và giảm được chi phí rủi ro.

Dễ dàng kiểm soát được sự hồi phục hay giãn ra của đất sau khi đóng đi và vỗ lại. Xác định được sức chịu tải của cọc tại từng nhát búa, từng cao độ đặt mũi cọc trong quá trình đóng cọc. Qua đó lựa chọn được chiều dài cọc phù hợp.

Phương pháp thử tải cọc khoan nhồi bằng hộp tải trọng Osterberg mang lại độ chính xác cao, có thể kiểm tra được khả năng chịu lực của từng lớp đất cọc đi qua (thông qua giá trị sức kháng ma sát thành bên và sức kháng mũi của đất nền). Với thiết bị thí nghiệm gọn nhẹ, loại thí nghiệm dạng hộp tải trọng Osterberg có thể dùng thử tải cọc chịu tải 4 ÷ 10.000 tấn và có thể lớn hơn. Thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg cell khắc phục được khuyết điểm của phương pháp thử tải tĩnh truyền thống như: có thể bố trí thử tải cọc ở nơi sông rộng, sâu nước chảy siết hoặc nơi mặt bằng chật hẹp v.v... Nhược điểm của thử tải Osterberg là cần có đội ngũ chuyên gia kỹ thuật cao thực hiện thí nghiệm (hiện nay Công ty Load Test Inc của Mỹ là đơn vị chuyên trách về thí nghiệm này). Hiện tại tuy chi phí thử tải còn cao, nhưng tương lai về lâu dài phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg có thể sẽ có chi phí thấp và có xu hướng sử dụng thay thế hoàn chỉnh phương pháp thử tải tĩnh truyền thống trong công tác thí nghiệm cọc khoan nhồi đường kính lớn.

#### *5.3.6.2. Kết luận*

Với đặc điểm địa chất, thủy văn và vị trí địa lý vùng đồng bằng sông Cửu Long việc chọn móng cọc khoan nhồi cho công trình cầu cần quan tâm đến một số vấn đề sau:

+ Địa chất do sự phân bố tương đối dày của lớp bùn yếu với các đặc trưng chịu lực rất thấp, cho nên việc tính toán cần phải quan tâm đến ma sát âm do áp lực đẩy ngang của nền đất yếu lên hệ móng cọc. Đồng thời đặc biệt quan tâm đến sự xuất hiện của lũ quét qua vị trí xây dựng cầu.

+ Về thiết kế do có nhiều bộ tiêu chuẩn đang lưu hành trong nước nhưng trong số đó Tiêu chuẩn thiết kế cầu của Mỹ ASSHTO-LRFD-1998 có ưu điểm vượt trội v: có thể tính toán kiểm tra được sức kháng ma sát thân cọc qua từng lớp đất với các hệ số điều chỉnh sức kháng tương ứng (trong tính toán cọc ở vùng đồng bằng sông Cửu Long khả năng chịu lực chủ yếu là sức kháng ma sát thân cọc).

+ Về thi công cần đặc biệt chú ý đến các sự cố kỹ thuật có thể xảy đối với các cọc khoan nhồi như đã nêu trong chương 4. Sử dụng ống vách bằng thép hoặc composite với chiều dài phải đủ xuyên qua hết chiều dày tầng đất bùn sét yếu đồng thời kết hợp với việc sử dụng bentonite nhằm hạn chế các sự cố sạt lở vách hố khoan nằm sâu bên dưới ống vách và hạn chế được sự giảm chất lượng bêtông cọc do lẫn tạp chất.

+ Đồng bằng sông Cửu Long với hệ thống sông ngòi chằng chịt, có rất nhiều sông lớn, sâu và nước chảy xiết, do đó thi công cọc đều thực hiện trên hệ xà lan. Nhằm tránh các tác động sóng vỗ, nước chảy có thể dùng các hệ cố định xà lan đặc biệt.

+ Về thiết bị thi công khoan tạo lỗ : đối với cọc có đường kính D800÷D1500mm thông dụng nhất là thiết bị khoan vách xoay kiểu xoay tròn, khoan phản tuần hoàn và guồng xoắn. Đối với các cọc có đường kính D2000÷D3000mm có thể sử dụng thiết máy đào gầu ngoạm.

+ Công tac kiểm tra độ thẳng đứng thành vách hố khoan có thể sử dụng thiết bị đo siêu âm KODEN - DM 682. Kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi ngoài công tác khoan mẫu bêtông thì công tác thí nghiệm đo siêu âm độ đồng nhất bêtông thân cọc mang lại hiệu quả cao.

+ Công tac thử tải cọc: thông thường đối với các cọc có đường kính D800÷D1500mm vị trí thi công trên cạn và không vướng mặt bằng thì thử tải tĩnh bằng chất tải truyền thống là mang lại hiệu quả kinh tế nhất. Trong khi đó đối với các cầu có móng cọc khoan nhồi đường kính lớn có thể sử dụng phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg là hợp lý nhất.

## Chương VI

# PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ CHỈ TIÊU KINH TẾ-KỸ THUẬT CỦA MÓNG CỌC KHOAN NHỒI TRONG CÔNG TRÌNH CẦU

## 6.1. KHÁI QUÁT CHUNG

Đối với các công trình cụ thể đưa ra các giải pháp xử lý nền móng khác nhau, tuy mỗi giải pháp có những ưu khuyết điểm riêng nhưng chúng có đặc điểm chung là đều đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, khi đó để đánh giá giải pháp nào kinh tế nhất - chỉ tiêu để so sánh là kinh phí thực hiện cho một tấn tải.

Ngay cả những phương án được lựa chọn này thời gian để thực hiện mỗi giải pháp nhanh chậm khác nhau, việc sớm đưa công trình vào sử dụng có thể mang lại hiệu quả kinh tế rất cao do vậy chỉ tiêu tiến độ hoàn thành công việc cũng hết sức quan trọng. Chỉ tiêu độ tin cậy cho mỗi giải pháp cũng hoàn toàn khác nhau.

Có thể nói rằng mỗi giải pháp được xác định bởi các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, các chỉ tiêu này phân biệt sự khác nhau giữa giải pháp này và giải pháp khác.

Đối với mỗi loại hình công nghệ thi công cọc khoan nhồi ngoài các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chung như chỉ tiêu kinh phí thực hiện cho một tấn tải, chỉ tiêu tiến độ hoàn thành công việc, thường còn có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật đặc trưng. Ví dụ như chỉ tiêu tiêu hao Bentonite đối với các phương án khoan giữ thành vách bằng Bentonite, chỉ tiêu tiêu hao lưỡi dao cắt đối với công nghệ khoan vách xoay.

Tóm lại, mỗi giải pháp xử lý nền móng bao gồm một tập hợp các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, khi so sánh để lựa chọn điều kiện bắt buộc phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật còn có các hàm mục tiêu có thể là một hoặc tập hợp các hàm mục tiêu. Cũng như việc giải bài toán tối ưu đa mục tiêu phải đưa ra một số hàm mục tiêu thành điều kiện ràng buộc. Các hàm mục tiêu còn lại cuối cùng có thể là giải pháp kinh tế nhất, giải pháp hoàn thành sớm nhất, giải pháp có độ tin cậy cao nhất.

## 6.2. MỘT SỐ CHỈ TIÊU KINH TẾ KỸ THUẬT CỦA CỌC KHOAN NHỒI TRONG XÂY DỰNG CẦU Ở VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Để phân tích đánh giá một số yếu tố về kinh tế, kỹ thuật của các dạng móng cọc khoan nhồi đã áp dụng trong xây dựng cầu ở đồng bằng sông Cửu Long, có thể đưa về một số chỉ tiêu cơ bản sau đây:

### 6.2.1. Chỉ tiêu kinh tế

#### *6.2.1.1. Chi phí đầu tư thiết bị, công nghệ*

Chỉ tiêu này thường được đề cập khi chuẩn bị đầu tư thiết bị và công nghệ mới. Chi phí này phụ thuộc vào loại công nghệ và nguồn gốc máy móc thiết bị được sản xuất. Nhìn chung các thiết bị thi công cọc khoan nhồi được nhập từ các nước Châu Âu, Nhật Bản, Úc, Mỹ có giá thành cao hơn các thiết bị nhập từ Trung Quốc, Nga.

Đối với các loại hình công nghệ cọc khoan nhồi hiện đang sử dụng trong xây dựng cầu ở đồng bằng sông Cửu Long phổ biến nhất là cọc khoan nhồi có đường kính ϕ800mm đến ϕ1200mm. Một vài cầu trung và cầu lớn sử dụng cọc khoan nhồi có đường kính ϕ1400mm đến ϕ1500mm trong các móng cọc trụ cầu nhịp thông thuyền hay các trụ phần cầu chính thi công theo nguyên lý tuần hoàn ngược và guồng xoắn có vách xoay. Đối với cọc khoan nhồi đường kính ϕ2000mm đã được thiết kế và thi công cho cầu BP và cầu RM (đang triển khai thi công) cọc được thi công theo công nghệ guồng xoắn vách xoay. Đối với cọc có đường kính lớn ϕ2500mm đến ϕ3000mm thì công nghệ khoan tạo lỗ bằng gầu ngoạm mang lại tiến độ thi công nhanh nhất. Kinh phí đầu tư thiết bị phục vụ công nghệ thi công cho các dạng cọc khoan nhồi có thể tham khảo sau:

- Cọc khoan nhồi bằng máy khoan vách xoay: Rất cao
- Cọc khoan nhồi theo nguyên lý tuần hoàn ngược: Cao
- Cọc khoan nhồi guồng xoắn, vách xoay: Tương đối cao
- Cọc khoan nhồi công nghệ khoan bằng gầu ngoạm: Rất cao

#### *6.2.1.2. Chi phí vận chuyển máy móc thiết bị*

Đối với các công trình lớn, khoảng cách vận chuyển gần chi phí vận chuyển thiết bị chiếm tỷ lệ nhỏ trong tổng số giá thành. Do tính đặc thù của vùng đồng bằng sông Cửu Long có hệ thống sông ngòi chằng chịt đồng thời hệ thống giao thông đường bộ chiếm một tỷ lệ nhỏ so với hệ thống giao thông đường sông, vì thế hiện nay việc vận chuyển thiết bị thi công đa số thực hiện bằng giao thông đường thủy. Chính vì vậy kinh phí vận chuyển đa phần dựa trên kinh phí vận chuyển bằng xà lan kế đến là kinh phí bốc dỡ thiết bị.

Đối với công trình có quy mô nhỏ như một số công trình cầu ở các tỉnh vùng sâu, các cầu ở tuyến giao thông nông thôn, cự ly vận chuyển tương đối dài, chi phí vận chuyển chiếm tỷ lệ khá lớn.

Trong việc phân tích về chi phí vận chuyển thiết bị cần thiết phải xem xét về dây chuyền công nghệ thi công.

#### *6.2.1.3. Chi phí thiết lập công trường*

Chi phí thiết lập công trường phụ thuộc vào mặt bằng thi công trên cạn hay dưới nước. Chi phí trên bao gồm kinh phí đắp đảo hoặc lắp dựng sàn đạo, sàn thao tác khi thi công

dưới nước hoặc kinh phí san ủi mặt bằng khi thi công trên cạn. Kinh phí làm đường công trường, mũi nhô, kinh phí xây dựng đường dây điện và trạm biến áp. Riêng thi công trên sông nước đối với gầu ngoạm có thể sử dụng hệ định vị sàn đạo gắn trên xà lan và được điều chỉnh bằng hệ thống kích thủy lực nhằm giảm các sai số về vị trí thi công cọc. Nói chung chi phí thiết lập công trường phụ thuộc vào vị trí, mặt bằng thi công và công nghệ thi công cụ thể.

### *6.2.1.4. Giá thành thi công*

Đối với giá thành thi công cọc khoan nhồi, tùy thuộc vào khu vực địa chất, thiết bị, đường kính, chiều sâu có hay không sử dụng ống vách, có hay không yêu cầu thử tải cọc v.v... tất cả các vấn đề trên đều ảnh hưởng đến giá thành thi công của cọc khoan nhồi.

Qua tham khảo giá thành thi công các cọc khoan nhồi trong khu vực đồng bằng sông Cửu Long, kinh phí đối với các phương pháp khoan tạo lỗ hố khoan có thể sắp xếp theo thứ tự như sau:

1- Cọc khoan nhồi khoan tạo lỗ bằng máy khoan vách xoay kiểu xoay tròn: Rất cao.

2- Cọc khoan nhồi khoan tạo lỗ bằng máy khoan vách xoay kiểu kẹp lắc: Cao

3- Cọc khoan nhồi khoan tạo lỗ bằng máy khoan phản tuần hoàn: Cao

4- Cọc khoan nhồi khoan tạo lỗ bằng máy khoan guồng xoắn, gầu xoay và máy đào gầu ngoạm: Thấp

Tham khảo đơn giá trung bình thi công 01m dài cọc khoan nhồi trong khu vực đồng bằng sông Cửu Long ở bảng 6-10 (Phần phụ lục cuối chương).

### *6.2.1.5. Thời gian thi công*

Chi phí khấu hao thiết bị và chi phí vận hành trong thời gian thi công phụ thuộc vào thời gian thi công. Đối với mỗi loại hình công nghệ thi công thời gian thi công khác nhau. Cùng điều kiện thi công có thể sắp xếp thời gian thi công của từng loại hình công nghệ cọc khoan nhồi, cọc đóng và cọc ép tính cho toàn bộ một hố móng trong điều kiện khả năng chịu lực của các loại cọc trên như nhau:

- Cọc khoan nhồi khoan tạo lỗ bằng máy khoan guồng xoắn, gầu xoay: Rất nhanh
- Cọc khoan nhồi tạo lỗ bằng máy khoan kiểu xoay tròn: Nhanh
- Cọc khoan nhồi tạo lỗ bằng máy khoan vách xoay kiểu kẹp lắc: Nhanh
- Cọc khoan nhồi tạo lỗ bằng máy khoan phản tuần hoàn: Chậm
- Cọc khoan nhồi tạo lỗ bằng thiết bị đào gầu ngoạm: Nhanh

Tham khảo bảng 6-2 thống kê thời gian quy định thi công cần thiết

**Bảng 6.1**

| TT | Đường kính cọc khoan nhồi | Đơn giá thi công 1 mét dài cọc (VNĐ) |
|---|---|---|
| 1 | Đường kính φ 800mm | 3.449.640 |
| 2 | Đường kính φ 1000mm | 4.283.273 |
| 3 | Đường kính φ 1200mm | 5.192.193 |
| 4 | Đường kính φ 1400mm | 6.175.752 |
| 5 | Đường kính φ 1500mm | 6.702.532 |
| 6 | Đường kính φ 2000mm | 9.830.000 |
| 7 | Đường kính φ 2500mm | 14.818.067 |
| 8 | Đường kính φ 3000mm | 21.739.807 |

Lưu ý: Đơn giá ở bảng 6-1 được lập qua việc thống kê kinh phí xây dựng trung bình cho từng mét dài cọc ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

**Bảng 6.2: Thời gian cần thiết cho thi công cọc**

<table>
<tr><th rowspan="2">Ký hiệu</th><th rowspan="2">Hạng mục</th><th rowspan="2">Thời gian (phút)</th><th colspan="4">Hệ số phụ thuộc đường kính (φ) mm</th></tr>
<tr><th>φ1000 ÷ φ1500</th><th>φ1600 ÷ φ 2000</th><th>φ2000 ÷ φ 2500</th><th>φ 2500 ÷ φ 3000</th></tr>
<tr><td>T1</td><td>Thời gian khoan</td><td>Bảng 2</td><td>1,0</td><td>1,24</td><td>1,5</td><td>1,75</td></tr>
<tr><td>T2</td><td>Lắp đặt lồng cốt thép, các ống thí nghiệm và ống đổ bêtông</td><td>2,6 φ h</td><td rowspan="2">1,0</td><td rowspan="2">1,53</td><td rowspan="2">2,0</td><td rowspan="2">2,5</td></tr>
<tr><td>T3</td><td>Đổ bêtông</td><td>6,4 φ L</td></tr>
<tr><td>T4</td><td>Vệ sinh</td><td>1,5 φ h</td><td colspan="2" rowspan="2">1,0</td><td colspan="2" rowspan="2">1,5</td></tr>
<tr><td>T5</td><td>Nối vách</td><td>3,5 h</td></tr>
<tr><td>T6</td><td>Thiết lập</td><td></td><td colspan="2">71,6</td><td colspan="2">100</td></tr>
</table>

+ Thời gian trên chưa kể đến thời gian thực hiện công việc di chuyển thiết bị kéo dài từ vị trí cọc này sang vị trí cọc kia, thời gian gia công lồng thép, thời gian khảo sát, định vị trí cọc và thời gian thí nghiệm siêu âm, thử tải cọc.

+ Việc rút ống Triemic nằm trong thời gian đổ bêtông.

+ Thời gian thiết lập bao gồm việc san ủi mặt bằng, di chuyển máy

Với h: chiều sâu khoan (m) L: chiều dài cọc (m)

**Bảng 6.3: Thời gian khoan 01m theo chiều sâu và các lớp địa chất khác nhau cho cọc $\phi$1000 đến $\phi$1500mm bằng máy khoan vách xoay**

| Chiều sâu | Hệ số theo chiều sâu | Lớp địa chất đồng bằng sông Cửu Long | | |
|---|---|---|---|---|
| | | N < 20 | N = 20 ÷ 50 | N > 0 |
| 0 - 15 | 1,0 | 16,10 | 25,60 | 31,20 |
| 15 - 20 | 1,1 | 17,71 | 28,16 | 34,32 |
| 20 - 25 | 1,3 | 20,93 | 32,28 | 40,56 |
| 25 - 30 | 1,5 | 24,15 | 38,40 | 46,80 |
| 30 - 35 | 1,7 | 27,37 | 43,52 | 53,04 |
| 35 - 40 | 1,9 | 30,59 | 48,64 | 59,28 |
| 40 - 45 | 2,0 | 32,2 | 51,20 | 62,40 |
| 45 - 50 | 2,2 | 35,42 | 56,32 | 68,64 |
| 50 - 55 | 2,4 | 38,64 | 61,44 | 74,88 |
| > 55 | 2,5 | 40,25 | 64,00 | 78,00 |

Đối với các đường kính cọc khác nhau có thể tham khảo hệ số sau:

$\phi$1600 - $\phi$2000mm lấy hệ số 1,24

$\phi$2000 - $\phi$2500mm lấy hệ số 1,50

$\phi$2600 - $\phi$3000mm lấy hệ số 1,75

### 6.2.2. Chỉ tiêu kỹ thuật

#### *6.2.2.1. Độ tin cậy về chất lượng thi công*

Như đã nêu trong định nghĩa về cọc khoan nhồi trong Chương 1, cọc khoan nhi là loại cọc bêtông cốt thép trong đó bêtông được đổ tại chỗ. Vì vậy cho dù thi công tạolỗ bằng phương pháp nào đi nữa nếu không có chương trình kiểm tra và quản lý chất lượng chặt chẽ sẽ dẫn đến có thể xảy ra một số vấn đề về chất lượng cọc như đã nêu các sự cố cọc khoan nhồi trong Chương 4.

Theo số liệu thống kê qua các công trình cầu sử dụng móng cọc khoan nhồi đã và đang xây dựng, thông thường mỗi công trình có thể xảy ra một hoặc vài cọc có vấn đề về chất lượng. Do đó hiện nay, việc thiết kế thi công cọc khoan nhồi thường đưa về hệ số an toàn lớn nên số lượng cọc đôi khi vượt so với khả năng cần thiết theo yêu cầu thực tế cho hố móng làm gia tăng giá thành xây dựng.

Muốn đánh giá được chất lượng cọc đã đạt được yêu cầu hay không phải chờ đến khi hoàn tất công tác thí nghiệm kiểm tra chất lượng cọc sau khi thi công.

Chỉ cần một vài vấn đề xảy ra trong các trình tự thi công cũng có thể ảnh hưởng đến chất lượng cọc. Vì vậy chất lượng cọc hay độ tin cậy cọc là hệ quả của các trình tự thi công cọc tạo ra. Mệnh đề này chỉ đúng một chiều. Có nghĩa là khi cọc đã thi công đạt được chất

lượng tốt tức là đã thực hiện các bước thi công một cách phù hợp. Nhưng ngược lại mặc dù đã có các bước thi công phù hợp cho từng giai đoạn chưa chắc đã mang lại chất lượng cọc thi công là hoàn toàn tốt.

- *Xét về đường kính cọc:* qua tham khảo một số công trình cầu có móng cọc khoan nhồi đã và đang thi công ở khu vực đất yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long với các đường kính cọc khác nhau từ $\phi800 \div \phi2500$mm, hiện nay các đơn vị thi công và thiết kế thường có xu hướng sử dụng cọc khoan nhồi có đường kính nhỏ hơn nhưng lại nhiều cọc mang lại hệ số an toàn cao hơn tránh được các rủi ro như đã nêu trong phần các sự cố cọc khoan nhồi trong chương II.

*Xét về phương pháp khoan tạo lỗ hố khoan* có thể tham khảo về mức độ an toàn được đánh giá thứ tự qua bảng sau:

**Bảng 6.4**

| TT | Phương pháp khoan tạo lỗ | Đánh giá hệ số tin cậy qua các cấp |
|---|---|---|
| 1 | Máy khoan vách xoay kiểu xoay tròn | A |
| 2 | Máy khoan guồng xoắn, gầu xoay | B |
| 3 | Máy khoan phản tuần hoàn | B |
| 4 | Máy khoan vách xoay kiểu xoay kiểu kẹp lắc | C* |
| 5 | Máy đào gầu ngoạm | D* |

***Ghi chú:***

A: tốt, B: khá tốt, C: trung bình, D: kém

* : Dùng để xem xét sử dụng vỏ ống thép cho cọc

Qua bảng đánh giá trên thì phương pháp khoan vách xoay kiểu xoay tròn có độ tin cậy cao hơn so với các phương pháp khác. Nó chắc chắn rằng mọi tầng địa chất và chướng ngại vật đều có thể xử lý được. Việc đổ bêtong thực hiện trong lòng ống vách cho nên xác suất xuất hiện các khuyết tật cũng nhỏ hơn so với phương pháp sử dụng máy guồng xoắn gầu xoay và phương pháp phản tuần hoàn. Nhược điểm của phương pháp này ở chỗ đường kính cọc bị giới hạn ($\phi800 \div \phi1500$mm cá biệt một vài máy khoan đặc biệt có đường kính $\phi2000$mm), do đó đối với các cọc có đường kính lớn từ 2000mm trở lên và chiều sâu lớn thì phương pháp này tỏ ra không thích hợp, trong khi đó phương pháp đào gầu ngoạm trong ống vách tỏ ra có ưu điểm về việc tạo đường kính lớn cũng như có tiến độ thi công nhanh hơn các phương pháp khác.

### *6.2.2.2. Độ chính xác theo phương thẳng đứng của cọc*

Trong tính toán thiết kế cọc khoan nhồi chủ yếu xét khả năng chịu tải trọng dọc trục, do vậy việc thi công tạo độ chính xác theo phương thẳng đứng là một quy định cần thiết và đòi hỏi phải tuân thủ một cách khắt khe.

Như ta đã biết, tùy thuộc vào từng phương pháp khoan tạo lỗ hố khoan cọc và loại thiết bị khoan mà có độ chính xác theo phương thẳng khác nhau. Độ chính xác có thể tham khảo các số liệu sau:

- Khoan vách xoay kiểu xoay tròn: 1/500
- Khoan vách xoay kiểu xoay kẹp lắc: 1/200
- Khoan phản tuần hoàn, guồng xoắn và đào gầu ngoạm: 1/100

Việc kiểm tra độ thẳng đứng của hố khoan cọc trước khi đúc bêtông cọc khoan nhồi được thực hiện có thể bằng thiết bị đơn giản hoặc thiết bị có độ chính xác cao như máy siêu âm KODEN DM - 682. Công tác kiểm tra khống chế sai số độ thẳng đứng cọc cần phải thực hiện một cách thường xuyên trong giai đoạn thi công khoan tạo lỗ hố khoan đồng thời cần phải có kinh nghiệm thực hiện công việc này.

#### *6.2.2.3. Độ ồn và mức độ ảnh hưởng của thiết bị thi công*

Trong các bước thi công cọc khoan nhồi, ngoài việc rung hạ ống vách bằng búa rung gây chấn động, còn lại các chỉ tiêu quy định về độ ồn và mức độ chấn động do thiết bị thi công gây ra đều nằm trong phạm vi cho phép. Tuy nhiên đối với các công trình gần khu dân cư nên hạn chế việc đổ bêtông vào ban đêm vì khi đó lượng thiết bị tập kết tại công trường lớn gây ảnh hưởng lớn đến các hoạt động dân sinh. Mặt khác cũng cần đặc biệt quan tâm đến mức độ ô nhiễm độc hại đến hoa màu và nguồn nước sử dụng nếu như thi công khoan đào đất trong dung dịch bentonite mà không có biện pháp lưu chứa vật liệu đất đào từ hố móng đổ ra cũng như dung dịch bentonite thải ra đổ trực tiếp xuống khu vực thi công.

#### *6.2.2.4. Khả năng ảnh hưởng đến thủy lực thủy văn hay động lực học dòng sông*

Những năm gần đây vấn đề lũ lụt ở đồng bằng sông Cửu Long diễn biến rất phức tạp, hầu hết các cầu đã xây dựng trước đây đều đứng trước nguy cơ giảm yếu thậm chí có thể gãy đổ do nước lũ gây ra. Vấn đề này xuất phát từ việc chọn dạng móng cọc chưa thích hợp và trong tính toán thiết kế thường áp dụng với tần suất lũ 1%, 2% và 4%, nhưng thực tế xác suất xảy ra đỉnh lũ tại vùng đồng bằng sông Cửu Long rất cao. Do lưu vực rộng lớn, lưu lượng và vận tốc nước rất mạnh việc sử dụng các cọc khoan nhồi trong thiết kế cầu cần đặc biệt quan tâm đến chiều sâu hố xói do lũ gây ra. Khi xem xét vấn đề này cần quan tâm đến khả năng thoát nước qua nền móng công trình cầu, chiều sâu hạ cọc và chiều sâu các hố xói cục bộ tại vị trí các móng trụ cầu ở sông. Cùng một vị trí hố móng chịu tải trọng như nhau, nhưng nếu người thiết kế quá thiên về an toàn chọn phương án sử dụng nhiều cọc với đường kính nhỏ trong khi đó với đường kính lớn nhưng số cọc lại ít sẽ có thể phải đối mặt với một số vấn đề cần phải giải quyết về xói cục bộ tại vị trí hố móng cũng như ảnh hưởng đến hướng chảy của dòng sông v.v... Theo kinh nghiệm thiết kế thiên về an toàn người thiết kế có thể chọn đường kính và chiều sâu hạ cọc lớn đủ khả năng ngàm chặt bảo đảm độ bền công trình cầu khi xảy ra lũ lụt hoặc tạo hố xói xung quanh hệ móng cọc.

***6.2.2.5. Mức độ tiêu hao bentonite với các phương pháp khoan giữ ổn định thành vách hố khoan bằng dung dịch bentonite***

Đối với việc giữ ổn định thành vách bằng dung dịch bentonite, tùy thuộc vào từng phương pháp khoan, điều kiện địa chất thủy văn mà quyết định các chỉ tiêu tỷ trọng, độ nhớt. Do vậy mà mức tiêu hao bentonite khác nhau. Đối với phương pháp khoan tạo lỗ bằng máy khoan gầu xoay lượng tiêu hao bentonite được tính toán như sau:

- Chỉ tiêu dung dịch bentonite : tỷ trọng: 1,02 ÷1,04; độ nhớt 22 ÷24s
- Tỷ lệ trộn: 40 kg/$m^3$
- Tỷ lệ thu hồi sau khi thi công cọc là 60%
- Khối lượng bentonite tiêu hao cho 01 cọc được tính như sau:

$$M = (\pi \times D^2/4) \times h \times 1,2 \times 40 \times 0,4$$

trong đó:

M : khối lượng bentonite dùng cho 1 cọc (kg)

D : đường kính cọc (m)

h : chiều sâu khoan (m)

1,2: hệ số hao hụt

0,4: hệ số tiêu hao bentonite tùy thuộc vào phương pháp khoan.

***6.2.2.6. Mức độ tiêu hao dao cắt đối với các phương pháp khoan bằng vách xoay kẹp lắc hoặc xoay tròn, gầu ngoạm***

Đối với việc thi công bằng máy khoan vách xoay kiểu kẹp lắc hoặc kiểu xoay tròn, gầu ngoạm vật tư thi công cần quan tâm đến nhất là dao cắt hay răng gầu ngoạm. Dao cắt hay răng gầu ngoạm được chế tạo bằng thép hoặc hợp kim thấp đặc biệt có độ cứng tương đương với kim cương do đó giá thành dao cắt hay răng gầu ngoạm tương đối cao. Mức độ tiêu hao dao cắt rất khác biệt giữa các loại đất ở các địa tầng khác nhau. Có thể tham khảo tiêu hao dao cắt cho 1m khoan qua bảng sau:

**Bảng 6.5**

| Tiêu hao dao cắt cho 01m/ đường kính cọc | Lớp cắt có N < 20 | Lớp cắt có N = 20 ÷ 50 | Lớp cắt có N > 50 |
|---|---|---|---|
| ϕ800 ÷ ϕ1100mm | 0,0007 | 0,0035 | 0,0070 |
| ϕ1200 ÷ ϕ1400mm | 0,0008 | 0,0040 | 0,0080 |
| ϕ1500 ÷ ϕ1600mm | 0,0010 | 0,0050 | 0,0100 |
| ϕ1800 ÷ ϕ2000mm | 0,0013 | 0,0065 | 0,0130 |
| ϕ2100 ÷ ϕ2500mm | 0,0016 | 0,0080 | 0,0160 |
| ϕ2600 ÷ ϕ3000mm | 0,0020 | 0,0100 | 0,0200 |

### *6.2.2.7. Hệ số hao hụt bêtông đối với cọc khoan nhồi*

Đối với cọc khoan nhồi bêtông cốt thép, hệ số hao hụt bêtông được người thiết kế và thi công quan tâm. Bêtông hao hụt gồm có lượng bêtông tăng do phải đổ bêtông cao hơn cao độ so với yêu cầu từ 0,8 ÷1,5m, do đoạn cọc ở vị trí ống vách tạm có đường kính lớn hơn đường kính cọc, do phần bêtông lấy ra đúc mẫu và kiểm tra độ sụt ngoài công trường, ngoài ra còn do tình trạng lỗ khoan, độ sụt bêtông,các yếu tố về tình hình địa chất thủy văn bên trong hố móng v.v... Lỗ khoan có thể có đường kính lớn hơn đường kính thiết kế do thiết bị khoan (nhất là thiết bị đào gầu ngoạm) có thể mở rộng từng đoạn hố khoan do hiện tượng sạt lở thành vách hố khoan. Đối với việc khoan vách xoay, khối lượng bêtông đổ vào cọc có thể dự kiến chính xác, còn các phương pháp khác khó có thể tính toán chuẩn được lượng bêtông sẽ đổ vào cọc. Mức độ hao hụt bêtông có thể tham khảo thực tế một số công trình cho từng phương pháp khoan:

- Phương pháp khoan gầu xoay, guồng xoắn: 13 -18%
- Phương pháp khoan tuần hoàn ngược 15 - 20%
- Phương pháp khoan vách xoay 10 - 13%

### 6.2.3. Phân tích về chỉ tiêu tấn tải thông qua đường kính cọc

Đối với người thiết kế lựa chọn đường kính móng cọc khoan nhồi sử dụng cho cầu là một công việc tương đối khó khăn và phức tạp vì nó đòi hỏi phải thực hiện cùng một lúc đưa ra các phương án đường kính cọc và chiều dài cọc khác nhau. Sau đó giải bài toán tối ưu sao cho nghiệm của bài toán thỏa mãn các điều kiện về khả năng chịu lực đáp ứng các quy định quy trình không những về mặt kỹ thuật tính toán mà cả tính thiết thực về máy móc thiết bị và mặt bằng kinh nghiệm thi công của các nhà thầu, đồng thời phương án cọc đưa ra cũng phải mang lại hệ số an toàn ít gây ra các rủi ro. Thông thường các đơn vị thiết kế trong nước vẫn đa số dựa vào kinh nghiệm các công trình đã qua để đưa ra các đường kính cọc tương tự cho các công trình cầu trong khu vực mà họ đã biết qua thiết kế thi công về chiều dài, đường kính cọc.

Việc xác định chỉ tiêu kỹ thuật về tấn tải cho một số đường kính cọc tương đối khó khăn. Để đơn giản hóa việc lựa chọn ta có thể dùng cùng một vị trí hố móng, cùng chịu lực và có các đặc trưng địa chất thủy văn như nhau, ta đi tính tất cả các phương án sau đó lựa chọn phương án tối ưu về mặt kỹ thuật sao cho mang lại hệ số an toàn, thi công đảm bảo chất lượng mang lại hệ quả kinh tế giá thành hạ và tiến độ thi công nhanh nhất.

### 6.2.4. Chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật thông qua suất đầu tư các phương án đường kính cọc

Như đã biết, khi lựa chọn phương án đường kính cọc thường phải đặc biệt quan tâm đến việc so sánh lựa chọn phương án tối ưu đáp ứng về mặt kinh tế, kỹ thuật. Việc quyết định chiều dài cọc khoan nhồi tùy thuộc vào đặc điểm địa chất thủy văn vị trí xây dựng móng cọc thông qua các kết quả khoan địa chất hoặc các tài liệu xây dựng nền móng cọc các công trình cầu đã xây dựng trong khu vực v.v... Do vậy chỉ tiêu suất đầu tư hay kinh phí xây dựng phương án đường kính cọc cần thiết phải xem xét đến phân bố địa chất, đặc điểm thủy văn của vùng cụ thể đưa quyết định đầu tư với đường kính cọc nào là kinh tế nhất. Sau đây có thể tham khảo việc tính toán so sánh lựa chọn phương án đường kính cọc ở vùng đồng bằng sông Cửu Long

*Ví dụ:* Sử dụng số liệu địa chất và kết quả thử tải cọc khoan nhồi trụ neo bờ Nam (trụ P14) của cầu MT, dùng Tiêu chuẩn thiết kế cầu ASSHTO-LRFD-1998 với các đường kính và chiều dài cọc khác nhau tính số lượng cọc, đồng thời sẽ lựa chọn được loại đường kính nào là kinh tế nhất đáp ứng tối thiểu chỉ tiêu kỹ thuật theo yêu cầu (sức kháng cực hạn của cọc theo đất nền).

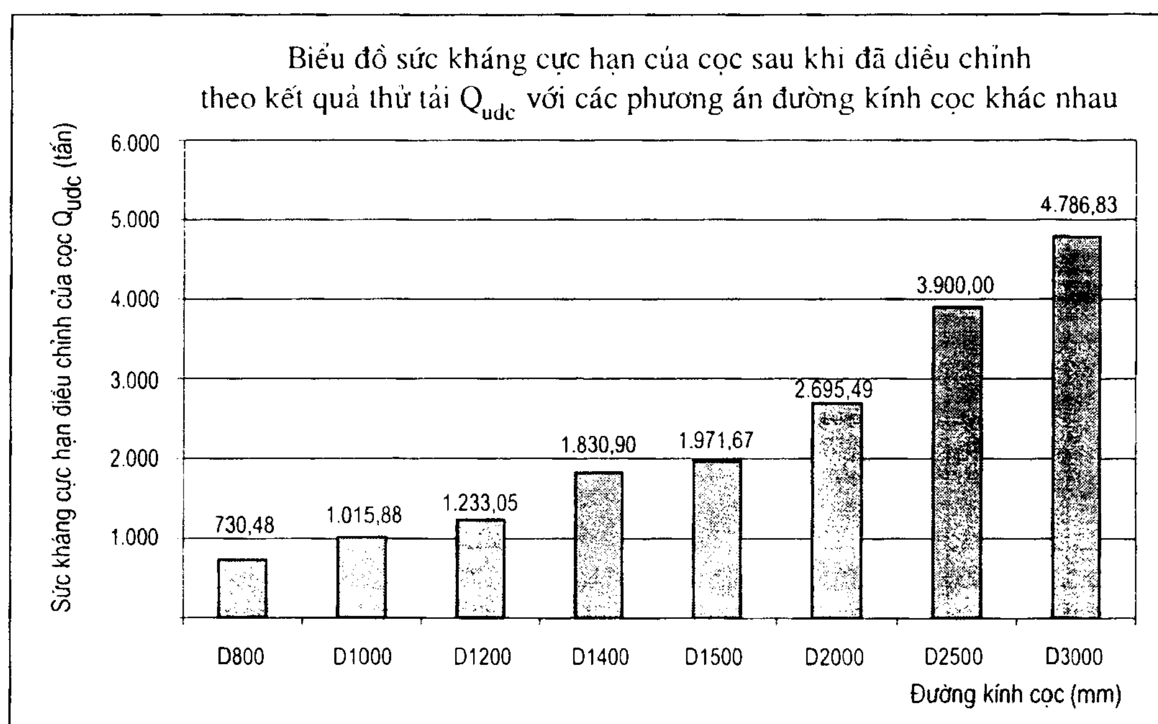
**Bảng 6.6a: Tổng hợp kết quả tính toán sức kháng cực hạn của cọc theo đất nền**

| TT | Đường kính cọc φ (mm) | Chiều dài cọc L (m) | Khả năng chịu tải của cọc theo đất nền | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sức kháng mũi của cọc $Q_p$ (tấn) | Sức kháng ma sát thành bên | | | Sức kháng cho phép của cọc $Q_a$ (tấn) | Sức kháng tới hạn của cọc $Q_u$ (tấn) |
| | | | | Đất dính $Q_{sd}$ (tấn) | Đất rời $Q_{sr}$ (tấn) | $SQ_s = Q_{sd} + Q_{sr}$ (tấn) | | |
| 1 | φ800 | 64,00 | 74,86 | 1.045,27 | 362,53 | 1.407,80 | 594,09 | 1033,72 |
| 2 | φ1000 | 70,00 | 111,82 | 1.482,72 | 453,17 | 1.935,89 | 826,20 | 1437,59 |
| 3 | φ1200 | 70,00 | 154,21 | 1.779,27 | 543,80 | 2.323,06 | 1002,81 | 1744,90 |
| 4 | φ1400 | 80,00 | 901,54 | 2.118,96 | 1318,46 | 3.437,43 | 1489,04 | 2590,92 |
| 5 | φ1500 | 80,00 | 965,94 | 2.270,32 | 1412,64 | 3.682,96 | 1603,52 | 2790,13 |
| 6 | φ2000 | 80,00 | 1287,91 | 3.027,09 | 1883,52 | 4.910,61 | 2192,19 | 3814,42 |
| 7 | φ2500 | 85,55 | 1609,89 | 3.783,86 | 3200,45 | 6.984,31 | 3171,80 | 5518,93 |
| 8 | φ3000 | 85,55 | 1931,87 | 4.540,63 | 3840,54 | 8.381,17 | 3893,04 | 6773,90 |

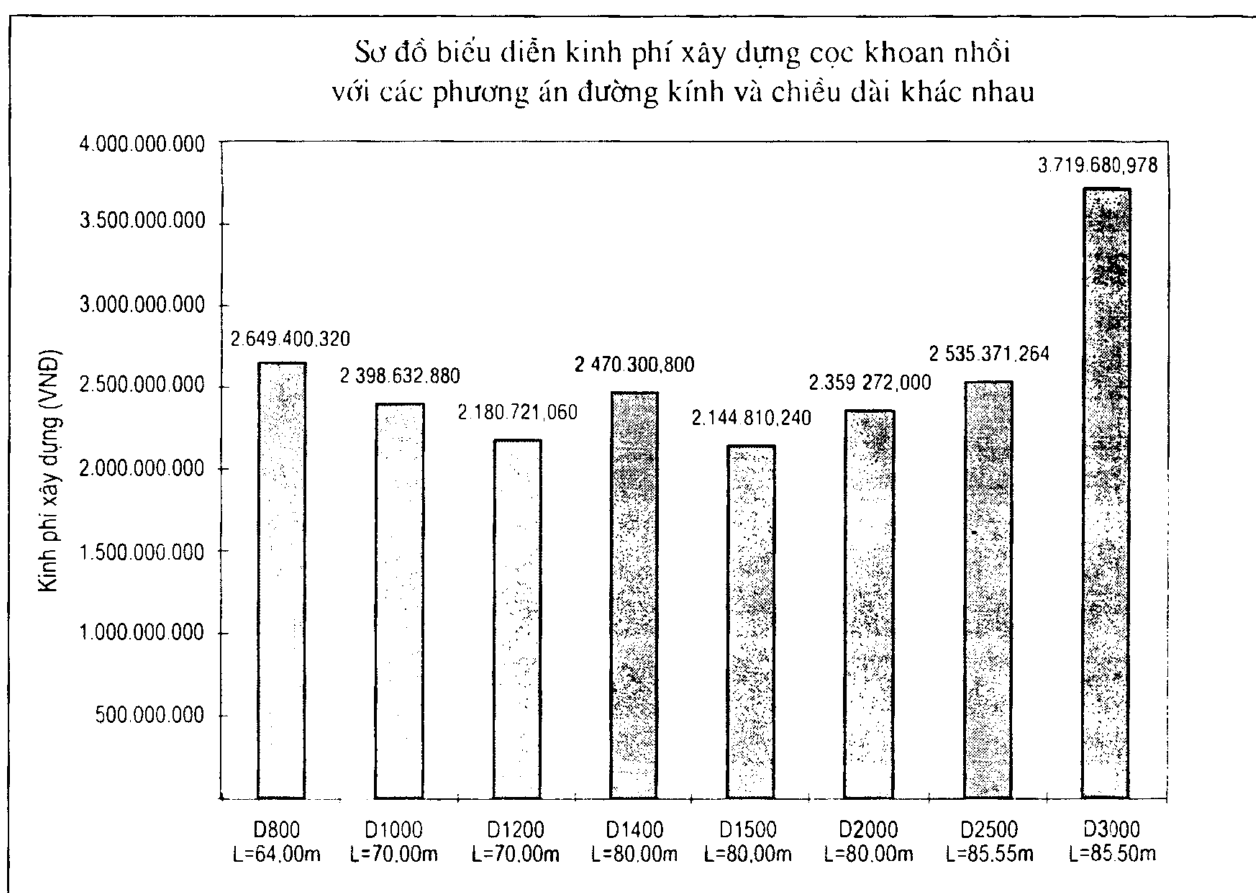
**Bảng 6.6b: Kết quả tính toán kinh phí suất đầu tư các phương án cọc khoan nhồi đáp ứng yêu cầu về sức kháng cực hạn quy định ($Q_u$ = 7800 tấn )**

| TT | Đường kính (mm) | Chiều dài (m) | Sức kháng cực hạn theo tính toán $Q_u$ (tấn)/cọc | Hệ số điều chỉnh φ | Sức kháng cực hạn sau điều chỉnh $Q_u$ (tấn)/cọc | Số lượng cọc yêu cầu n trong hố móng | Tổng sức kháng cực hạn $Q_u$ (tấn) | Đơn giá đ/m dài (đồng) | Thành tiền (đồng) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | φ 800 | 64,00 | 1033,72 | 0,71 | 730,48 | 12 | 8.765,81 | 3.449.740 | 2.649.400.320 |
| 2 | φ 1000 | 70,00 | 1437,59 | 0,71 | 1.015,88 | 8 | 8.127,07 | 4.283.273 | 2.398.632.880 |
| 3 | φ 1200 | 70,00 | 1744,90 | 0,71 | 1.233,05 | 7 | 8.631,33 | 5.192.193 | 2.544.174.570 |
| 4 | φ 1400 | 80,00 | 2590,92 | 0,71 | 1.830,90 | 5 | 9.154,49 | 6.175.752 | 2.470.300.800 |
| 5 | φ 1500 | 80,00 | 2790,13 | 0,71 | 1.971,67 | 4 | 7.886,67 | 6.702.532 | 2.144.810.240 |
| 6 | φ 2000 | 80,00 | 3814,42 | 0,71 | 2.695,49 | 3 | 8.086,47 | 9.830.300 | 2.359.272.000 |
| 7 | φ 2500 | 85,55 | 5518,93 | 0,71 | 3.900,00 | 2 | 7.800,00 | 14.818.067 | 2.535.371.264 |
| 8 | φ 3000 | 85,55 | 6773,90 | 0,71 | 4.786,83 | 2 | 9.573,66 | 21.739.807 | 3.719.680.978 |

Hình 6-20a,b biểu diễn kết quả tính toán sức kháng cực hạn theo đất nền và kinh phí xây dựng của các phương án đường kính và chiều dài cọc khác nhau




*Hình 6-1a*




*Hình 6-1b*

Qua các Bảng 6.6a,b và hình 6-1a,b nhận thấy với phương án đường kính cọc φ1500mm, chiều dài cọc L = 80m số lượng 4 cọc đạt yêu cầu về sức kháng cực hạn theo đất nền và kinh tế nhất hay suất đầu tư là hợp lý nhất.

### 6.2.5. Sơ bộ lựa chọn đường kính và chiều dài cọc khoan nhồi trong xây dựng cầu vùng đồng bằng sông Cửu Long

Trên cơ sở các tài liệu khảo sát địa chất của các cầu đã được xây dựng và các hồ sơ phân bố tầng địa chất của vùng đồng bằng sông Cửu Long, sơ bộ tính toán với phương án đường kính cọc nào là hợp lý nhất cho đặc điểm địa chất thủy văn mang lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cho công trình cầu. Có thể tham khảo qua các ví dụ sau:

*a) Ví dụ 1:* sử dụng số liệu khảo sát địa chất cầu TO - Trà Vinh để sơ bộ tính toán chọn phương án đường kính cọc.

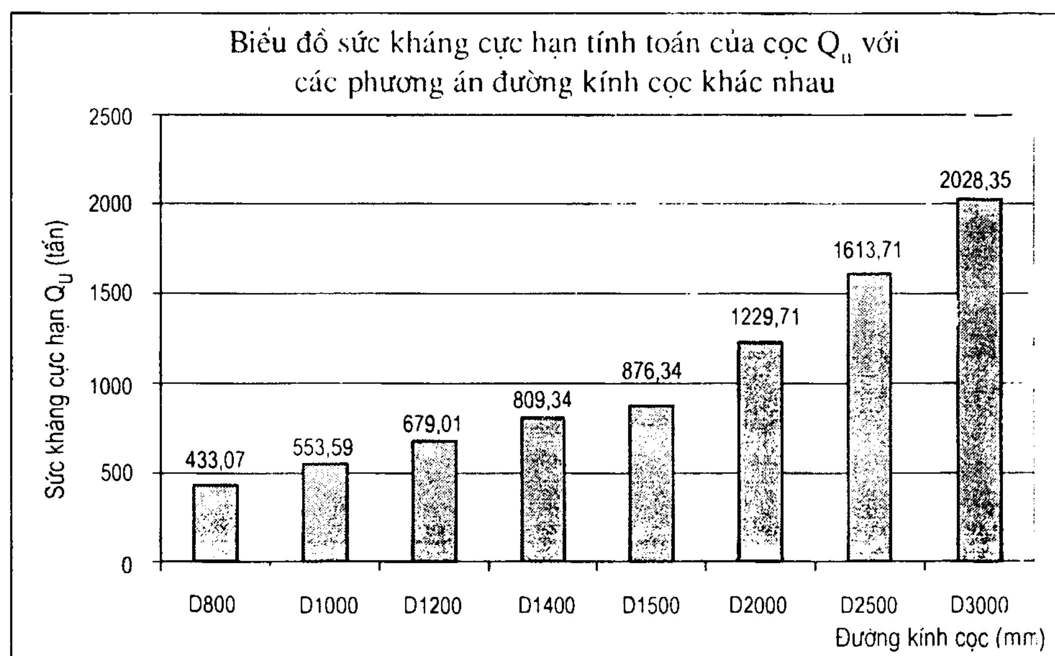
**Bảng 6.7a**

| Đường kính (mm) | Chiều dài (m) | Sức kháng cực hạn theo tính toán $Q_u$ (tấn)/cọc | Số lượng cọc yêu cầu n | Tổng sức kháng cực hạn $Q_u$ (tấn) | Đơn giá đ/m dài (đồng) | Thành tiền (đồng) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| φ 800 | 52,00 | 433,07 | 10 | 4.330,73 | 3.449.740 | 1.793.864,800 |
| φ 1000 | 52,00 | 553,59 | 8 | 4.428,74 | 4.283.273 | 1.781.841,568 |
| φ 1200 | 52,00 | 679,01 | 6 | 4.074,08 | 5.192.193 | 1.619.964,216 |
| φ 1400 | 52,00 | 809,34 | 5 | 4.046,68 | 6.175.752 | 1.605.695,520 |
| φ 1500 | 52,00 | 876,34 | 5 | 4.381,68 | 6.702.532 | 1.742.658,320 |
| φ 2000 | 52,00 | 1229,71 | 4 | 4.918,83 | 9.830.300 | 2.044.702,400 |
| φ 2500 | 52,00 | 1613,71 | 3 | 4.841,13 | 14.818.067 | 2.311.618,452 |
| φ 3000 | 52,00 | 2028,35 | 2 | 4.056,69 | 21.739.807 | 2.260.939,928 |

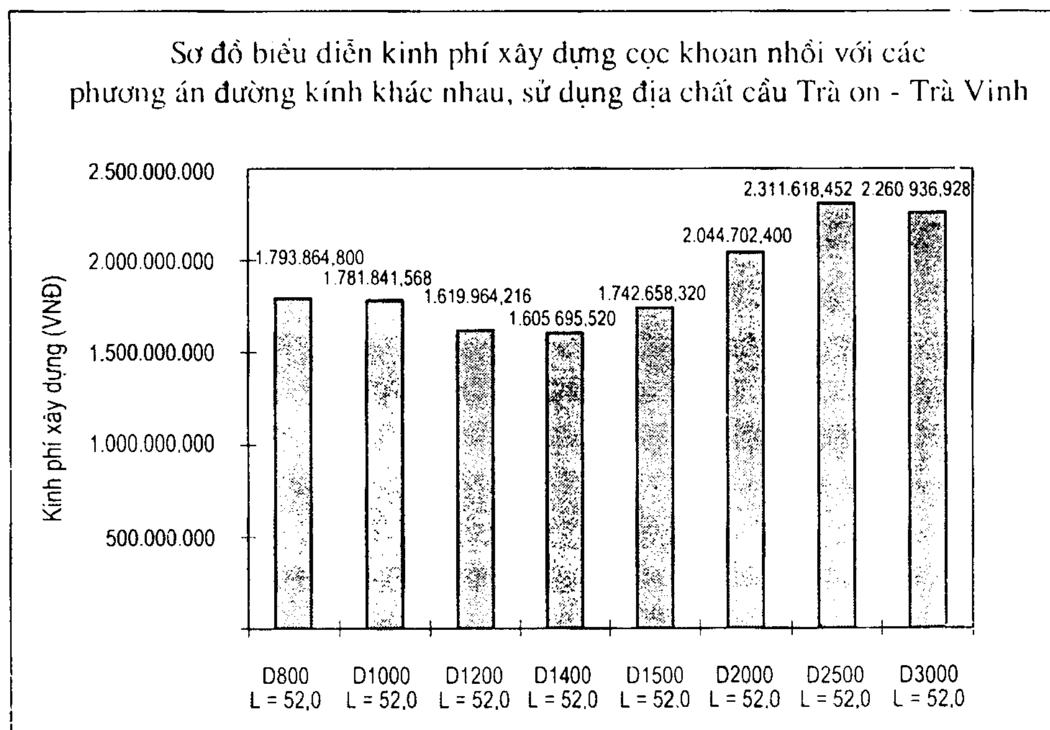
**Bảng 6.7b**

| TT | Đường kính cọc φ(mm) | Chiều dài cọc L (m) | Khả năng chịu tải của cọc theo đất nền | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sức kháng mũi của cọc $Q_p$ (tấn) | Sức kháng ma sát thành bên | | | Sức kháng cho phép của cọc $Q_a$ (tấn) | Sức kháng tới hạn của cọc $Q_u$ (tấn) |
| | | | | Đất dính $Q_{sd}$ (tấn) | Đất rời $Q_{sr}$ (tấn) | $\Sigma Q_s = Q_{sd} + Q_{sr}$ (tấn) | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | φ 800 | 52,00 | 128,10 | 310,13 | 252,54 | 562,66 | 248,89 | 433,07 |
| 2 | φ 1000 | 52,00 | 200,15 | 387,66 | 315,67 | 703,33 | 318,16 | 553,59 |
| 3 | φ 1200 | 52,00 | 307,43 | 465,19 | 378,80 | 844,00 | 390,24 | 679,01 |
| 4 | φ 1400 | 52,00 | 379,60 | 542,73 | 441,94 | 984,66 | 465,14 | 809,34 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | ϕ 1500 | 52,00 | 381.29 | 581,49 | 473,50 | 1.055,00 | 503,64 | 876,34 |
| 6 | ϕ 2000 | 52,00 | 508,39 | 775,32 | 631,34 | 1.406.66 | 706,73 | 1229,71 |
| 7 | ϕ 2500 | 52,00 | 635,48 | 969,15 | 789,17 | 1.758,33 | 927,42 | 1613,71 |
| 8 | ϕ 3000 | 52,00 | 762,58 | 1.162,99 | 947,01 | 2.109,99 | 116,72 | 2028,35 |




*Hình 6-2a*




*Hình 6-2b*

*Nhận xét:* Qua bảng 6.7a,b và hình 6-2a,b có thể sơ bộ nhận xét với điều kiện địa chất như thế, đường kính cọc ϕ 1200 mm đến ϕ 1500mm có kinh phí xây dựng tương đối thấp so với các phương án đường kính cọc còn lại.

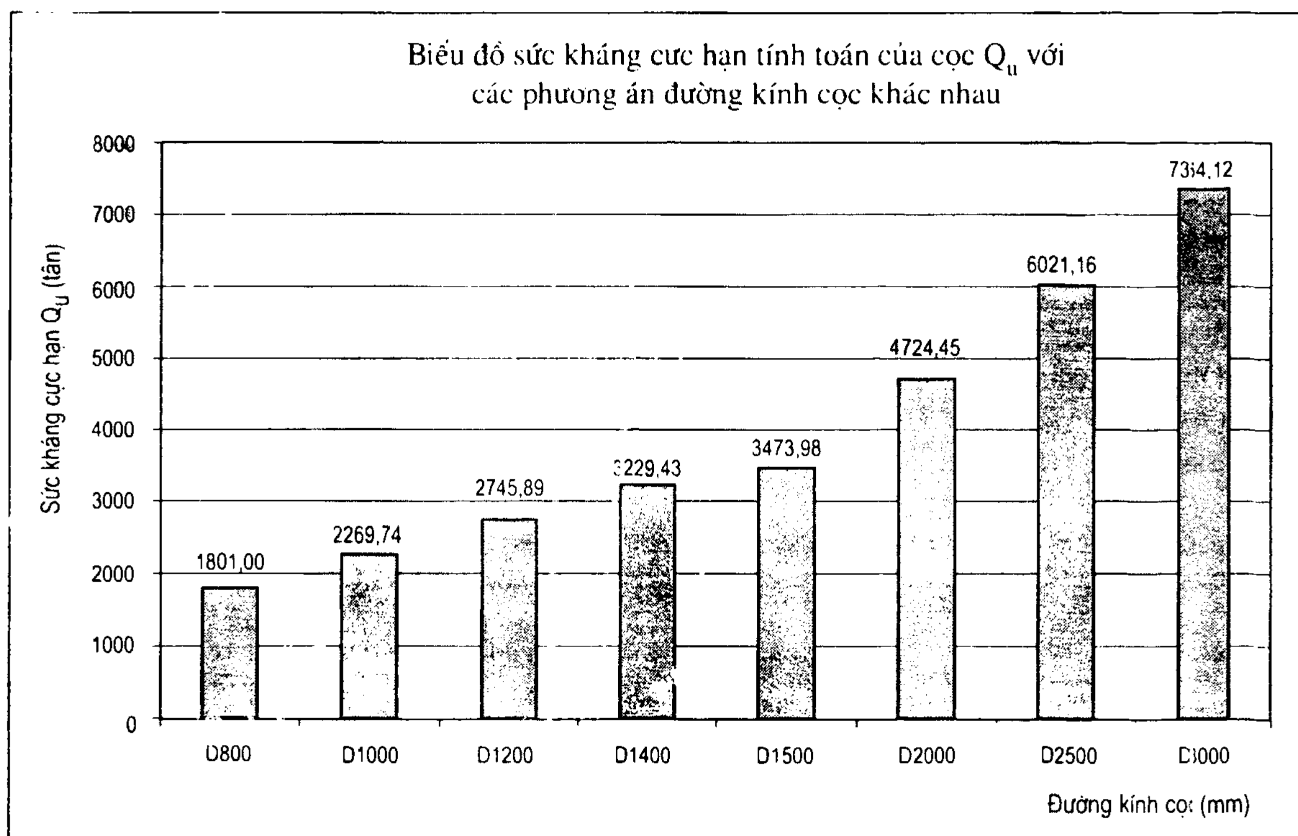
*b) Ví dụ 2:* Sử dụng số liệu địa chất cầu BP - TP. Hồ Chí Minh để sơ bộ tính toán chọn phương án đường kính cọc.

**Bảng 6.8a**

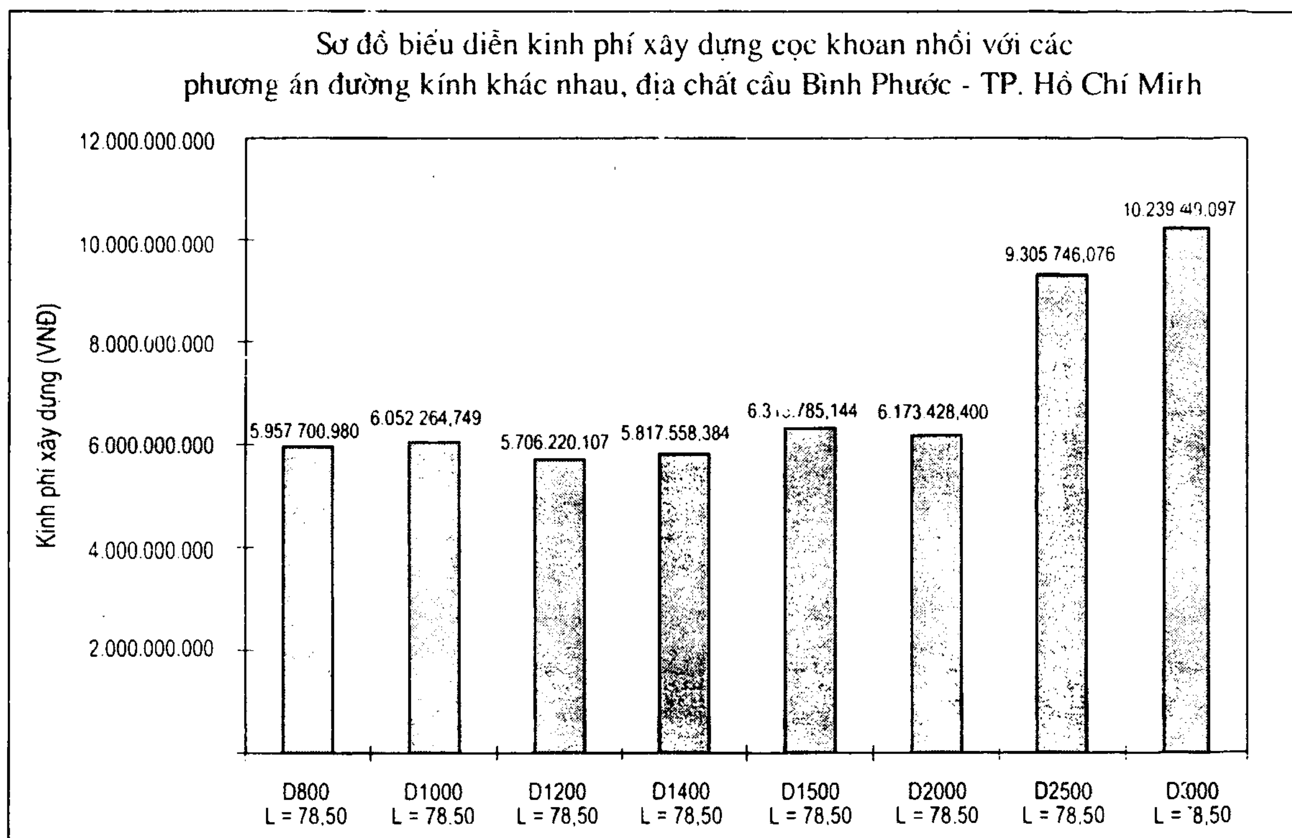
| TT | Đường kính (mm) | Chiều dài (m) | Sức kháng cực hạn theo tính toán $Q_u$ (T)/cọc | Số lượng cọc yêu cầu n | Tổng sức kháng cực hạn $Q_u$ (T) | Đơn giá đ/m dài (đồng) | Thành tiền (đồng) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ϕ 800 | 78,50 | 1.801,00 | 22 | 39.621,98 | 3.449.740 | 5.957.700,980 |
| 2 | ϕ 1000 | 78,50 | 2.269,74 | 18 | 40.855,41 | 4.283.273 | 6.052.264,749 |
| 3 | ϕ 1200 | 78,50 | 2.745,89 | 14 | 38.442,45 | 5.192.193 | 5.706.220,107 |
| 4 | ϕ 1400 | 78,50 | 3.229,43 | 12 | 38.753,18 | 6.175.752 | 5.817.558,384 |
| 5 | ϕ 1500 | 78,50 | 3.473,98 | 12 | 41.687,73 | 6.702.532 | 6.313.785,144 |
| 6 | ϕ 2000 | 78,50 | 4.724,45 | 8 | 37.795,61 | 9.830.300 | 6.173.428,400 |
| 7 | ϕ 2500 | 78,50 | 6.021,16 | 8 | 48.169,32 | 14.818.067 | 9.305.746,076 |
| 8 | ϕ 3000 | 78,50 | 7.364,12 | 6 | 44.184,71 | 21.739.807 | 10.239.449,097 |

**Bảng 6.8b**

| TT | Đường kính cọc ϕ(mm) | Chiều dài cọc L (m) | Khả năng chịu tải của cọc theo đất nền | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sức kháng mũi của cọc $Q_p$ (tấn) | Sức kháng ma sát thành bên | | | Sức kháng cho phép của cọc $Q_a$ (tấn) | Sức kháng cực hạn của cọc $Q_u$ (tấn) |
| | | | | Đất dính $Q_{sd}$ (tấn) | Đất rời $Q_{sr}$ (tấn) | $\sum Q_s = Q_{sd} + Q_{sr}$ (tấn) | | |
| 1 | 800 | 78,50 | 104,69 | 114,00 | 2.374,30 | 2.488,30 | 1.035,06 | 1.801,00 |
| 2 | 1000 | 78,50 | 163,58 | 142,50 | 2.967,88 | 3.110,38 | 1.304,45 | 2.269,74 |
| 3 | 1200 | 78,50 | 235,56 | 171,00 | 3.561,45 | 3.732,45 | 1.578,10 | 2.745,89 |
| 4 | 1400 | 78,50 | 320,63 | 199,50 | 4.155,03 | 4.354,53 | 1.856,00 | 3.229,43 |
| 5 | 1500 | 78,50 | 368,07 | 213,75 | 4.451,82 | 4.665,57 | 1.996,54 | 3.473,98 |
| 6 | 2000 | 78,50 | 669,70 | 285,00 | 5.935,75 | 6.220,76 | 2.715,20 | 4.724,45 |
| 7 | 2500 | 78,50 | 1.046,40 | 356,25 | 7.419,69 | 7.775,94 | 3.460,44 | 6.021,16 |
| 8 | 3000 | 78,50 | 1.404,67 | 427,50 | 8.903,63 | 9.331,13 | 4.232,25 | 7.364,12 |




*Hình 6-3a*




*Hình 6-3b*

*Nhận xét:* Qua kết quả tính toán ở bảng 6-8a,b và hình 6-3a,b với điều kiện địa chất ở khu vực cầu BP - TP. Hồ Chí Minh cọc có đường kính φ800 mm đến φ 1500mm có kinh phí xây dựng tương đối thấp so với các phương án đường kính cọc còn lại.

**Bảng 6.9: Tổng hợp một số chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật các loại hình công nghệ cọc khoan**

| TT | Chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật | Công nghệ thi công cọc khoan nhồi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Khoan vách xoay | Khoan gầu xoay | Khoan tuần hoàn ngược | Khoan guồng xoắn | Khoan đào gầu ngoạm |
| 1 | Chi phí đầu tư thiết bị, công nghệ | Rất cao | Trung bình | Cao | Trung bình | Cao |
| 2 | Chi phí vận chuyển máy móc, thiết bị | Cao | Cao | Thấp | Cao | Cao |
| 3 | Chi phí thiết lập công trường | TB*/TC<br>Cao*/DN | TB*/TC<br>Cao*/DN | TB*/TC<br>Cao*/DN | TB*/TC<br>Cao*/DN | TB*/TC<br>Cao*/DN |
| 4 | Thời gian thi công | Nhanh | Rất nhanh | Chậm | Rất nhanh | Rất nhanh |
| 5 | Độ tin cậy về chất lượng thi công | Tương đối cao | Trung bình | Trung bình | Trung bình | Trung bình |
| 6 | Độ chính xác theo phương thẳng đứng | 1/200-1/500 | 1/100 | 1/100 | 1/100 | 1/100 |
| 7 | Độ ồn và mức độ chấn động | O | O | O | O | O |
| 8 | Giá thành/ Tấn tải | Rất cao | Thấp | Cao | Thấp | Thấp |
| 9 | Tiêu hao bentonite | O | × | × | × | × |
| 10 | Tiêu hao dao cắt | · | | | | × |
| 11 | Hao hụt bêtông | 10 ÷ 15% | 13 ÷ 18% | 15 ÷ 20% | 13 ÷ 18% | 15 ÷ 20% |

## 6.3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công tác phân tích, đánh giá một số chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật của móng cọc khoan nhồi trong xây dựng cầu ở nước ta là một công việc phức tạp đòi hỏi cần nhiều thời gian nghiên cứu. Việc đánh giá cần phải có đầy đủ các thông tin về phân bố tầng địa chất của từng vị trí xây dựng. Nhiều công tác cần làm như điều tra các số liệu tính toán thủy văn, các kết quả thử tải cọc, các hồ sơ lý lịch cọc đã thi công trước đây trong khu vực đang dự kiến xây dựng v.v..

Số liệu nêu trong Chương này chỉ là bước đầu xét cho một vài vùng ở đồng bằng sông Cửu Long. Mục đích là để nêu ra một tình huống có tính chất ví dụ để bạn đọc tham khảo Đối với việc xây dựng móng cọc khoan nhồi trong xây dựng cầu ở vùng đồng bằng này nên quan tâm đến một số vấn đề :

1- Vị trí xây dựng công trình, tầm quan trọng của công trình, dạng kết cấu nhịp và chiều dài nhịp dự kiến sử dụng (cầu dây văng, cầu dầm đúc hẫng cân bằng v.v...). Tại các khu vực đô thị, khu dân cư và các cầu vượt trong thành phố việc sử dụng móng cọc khoan nhồi trong xây dựng là hợp lý vì những ưu điểm của nó mang lại như đảm bảo các vấn đề về môi trường, tiến độ thi công thích hợp và không chiếm nhiều mặt bằng xây dựng.

2- Cọc khoan nhồi hiện nay giá thành xây dựng còn tương đối cao so với các phương án móng cọc khác. Ngay cả cùng loại cọc khoan nhồi nhưng với các đường kính khác nhau và chiều dài khác nhau sẽ dẫn đến các kinh phí chênh lệch nhau. Do vậy khi đầu tư xây dựng móng cọc cần quan tâm đến một số chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật đã nêu trong phần trên để từ đó nắm bắt được phạm vi sử dụng cọc và tính được suất đầu tư trên cơ sở lựa chọn phương án đường kính và chiều dài cọc tối ưu. Qua thống kê đánh giá với các cầu xây dựng ở đồng bằng sông Cửu Long nhận thấy với đường kính cọc $\phi1200 \div \phi1500$mm và một vài trường hợp $\phi2000$m mang lại hiệu quả kinh tế nhất. Xét về chiều dài cọc còn tùy thuộc vào sự phân bố tầng địa chất các lớp đất và tình hình thủy lực, thủy văn và vị trí xây dựng cầu mới đưa ra quyết định chiều dài cụ thể cho phương án cọc. Nhưng sơ bộ có thể chọn với đường kính cọc $\phi1200 \div \phi1500$mm thì chiều dài cọc thay đổi từ 50m đến 75m là hợp lý và kinh tế nhất. Riêng các cầu lớn vượt sông Tiền và sông Hậu thì đường kính cọc có thể là $\phi2000 \div \phi3000$mm với chiều dài từ 80 đến 120m.

3- Địa chất do sự phân bố tương đối dày của lớp bùn yếu với các đặc trưng chịu lực rất thấp, cho nên việc tính toán cần phải quan tâm đến ma sát âm do áp lực đẩy ngang của nền đất yếu lên hệ móng cọc. Đồng thời đặc biệt quan tâm đến sự xuất hiện của lũ quét qua vị trí xây dựng cầu. Khâu tính toán thủy lực, thủy văn thường dựa vào tần suất 1%, 2% và 4% đôi khi không phản ánh hết tính thực tế của vùng này do nước lũ thường xuyên xảy ra trong năm từ tháng 9 đến tháng 12 hàng năm. Mặt khác vấn đề xói cục bộ và xói chung nên lưu ý do thời gian gần đây ở dọc theo bờ sông Hậu và Tiền Giang thường xuất hiện xói gây sạt lở lớn làm thiệt hại nhiều công trình.

4- Về thiết kế do có nhiều bộ tiêu chuẩn đang lưu hành trong nước nhưng trong số đó có các tiêu chuẩn sau đây sử dụng phù hợp với đặc trưng ở vùng đồng bằng sông Cửu Long đó là: Tiêu chuẩn TCXD 195-1997 của Việt Nam, Tiêu chuẩn thiết kế cầu AUSROAD - 1992 của Úc và đặc biệt là Tiêu chuẩn thiết kế cầu của Mỹ ASSHTO-LRFD-1998 (Tiêu chuẩn thiết kế cầu Việt Nam 22TCN 272-01) có ưu điểm vượt trội vì có thể tính toán kiểm tra được sức kháng ma sát thân cọc qua từng lớp đất với các hệ số điều chỉnh sức kháng tương ứng (trong tính toán cọc ở vùng đồng bằng sông Cửu Long khả năng chịu lực chủ yếu là sức kháng ma sát thân cọc).

5- Tuy nhiên khi đưa ra phương án cọc người thiết kế cũng nên đặc biệt lưu ý đến các sự cố kỹ thuật thường xảy ra đối với cọc khoan nhồi như đã nêu trong Chương 5. Vì những sự cố trên đôi khi không thể sử dụng dạng móng cọc khoan nhồi mà phải thay bằng phương án khác.

6- Về thi công nên sử dụng ống vách bằng thép hoặc composite với chiều dài phải đủ xuyên qua hết chiều dày tầng đất bùn sét yếu đồng thời kết hợp với việc sử dụng bentonite nhằm hạn chế các sự cố sạt lở vách hố khoan nằm sâu bên dưới ống vách và hạn chế được sự giảm chất lượng bêtông cọc do lẫn tạp chất.

7- Đồng bằng sông Cửu Long với hệ thống sông ngòi chằng chịt, có rất nhiều sông lớn, sâu và nước chảy xiết, do đó thi công cọc đều thực hiện trên hệ xà lan. Nhằm tránh các tác động sóng vỗ, nước chảy có thể dùng các hệ cố định xà lan.

8- Về thiết bị thi công khoan tạo lỗ : đối với cọc có đường kính $\phi800\div\phi1500$mm thông dụng nhất là thiết bị khoan vách xoay kiểu xoay tròn, khoan phản tuần hoàn và guồng xoắn. Đối với các cọc có đường kính $\phi2000\div\phi3000$mm có thể sử dụng thiết máy đào gầu ngoạm.

9- Công tác kiểm tra độ thẳng đứng thành vách hố khoan có thể sử dụng thiết bị đo siêu âm KODEN - DM 682. Kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi ngoài công tác khoan mẫu bêtông thì công tác thí nghiệm đo siêu âm độ đồng nhất bêtông thân cọc mang lại hiệu quả cao.

10- Công tác thử tải cọc: thông thường đối với các cọc có đường kính $\phi800\div\phi1500$mm vị trí thi công trên cạn và không vướng mặt bằng thì thử tải tĩnh bằng chất tải truyền thống là mang lại hiệu quả kinh tế nhất. Trong khi đó đối với các cầu có móng cọc khoan nhồi đường kính lớn có thể sử dụng phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg là hợp lý nhất.

11- Qua phân tích về chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật đặc biệt là suất đầu tư có thể sơ bộ đưa ra phạm vi sử dụng cọc khoan nhồi ở vùng đồng bằng sông Cửu Long, từ đó có thể sử dụng tham khảo cho công tác thẩm định duyệt dự án đầu tư xây dựng cầu sử dụng phương án cọc khoan nhồi sau này.

## Phụ lục - Bảng 6.10

BẢNG PHÂN TÍCH ĐƠN GIÁ CHI TIẾT

**Công trình : Cầu X**

Hạng mục: Cọc khoan nhồi D = 2, A30mm, L = 80m

| Định mức xây dựng | | | | | | | Giá trị cho 1 cọc | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STT | SHĐM | Hạng mục công việc | Đơn vị | Khối lượng | Đơn giá | Thành tiền | Khối lượng | Thành tiền |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | DA.1240 | Khoan tạo lỗ đường kính D = 2000mm | 1m | | | 1.602.511 | 80.00 | 128,200,905 |
| | | *(Hệ số điều chỉnh đường kính lỗ khoan 1.429)* | | | | | | |
| | | *B. Nhân công :* | | | | 91,872 | | |
| | | Ngày công 4/7 | công | 5.99 | 15,344 | 91,872 | | |
| | | *C. Máy thi công :* | | | | 1.510.639 | | |
| | | Máy khoan | ca | 0.16 | 6.094.532 | 957,999 | | |
| | | Cẩu 50T | ca | 0.16 | 1.639.226 | 257,670 | | |
| | | Sà lan 400T | ca | 0.16 | 670,875 | 105,455 | | |
| | | Sà lan 200T | ca | 0.16 | 325,023 | 51,090 | | |
| | | Tàu kéo 150CV | ca | 0.09 | 775,474 | 66,489 | | |
| | | Máy khác | % | 5 | | 71,935 | | |
| 2 | DC.1120 | Vữa Bentonite chống sập thành lỗ khoan (50%) | $1m^3$ | | | 115.458 | 276.8 | 31,958,741 |
| | | *A. Vật liệu :* | | | | 121.844 | | |
| | | Bentonite | kg | 39.26 | 3,000 | 117,780 | | |
| | | Nước ngọt | $m^3$ | 0.67 | 2,500 | 1,675 | | |
| | | Vật liệu khác | % | 2 | | 2,389 | | |
| | | *B. Nhân công : 4/7* | công | 0.64 | 15,344 | 9,820 | | |
| | | *C. Máy thi công :* | | | | 99,252 | | |
| | | Máy trộn dung dịch | ca | 0.055 | 233,437 | 12,839 | | |
| | | Máy sàng rung | ca | 0.055 | 591,646 | 32,541 | | |
| | | Máy bơm $200m^3$/giờ | ca | 0.055 | 76,793 | 4,224 | | |
| | | Sà lan 200T | ca | 0.12 | 325,023 | 39,003 | | |
| | | Tàu kéo 150CV | ca | 0.01 | 775,474 | 7,755 | | |
| | | Máy khác | % | 3 | | 2,891 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | C.2325 | *Cấp phối bêtông cọc nhồi M300* | 1m$^3$ | | | 593.059 | | |
| | | Ximăng | kg | 455 | 882 | 401,310 | | |
| | | Cát | m$^3$ | 0.448 | 63,636 | 28,509 | | |
| | | Đá | m$^3$ | 0.805 | 118,000 | 94,990 | | |
| | | Sika R4 1% | lít | 4.55 | 15,000 | 68,250 | | |
| 4 | HB.9220 | Bêtông cọc nhồi | 1m$^3$ | | | 837.625 | 276.8 | 231,854,561 |
| | | *A. Vật liệu :* | | | | 655.980 | | |
| | | Vữa bêtông | m$^3$ | 1.10 | 593,059 | 652,365 | | |
| | | Ống đổ D=300mm | m | 0.019 | 18,500 | 352 | | |
| | | Vật liệu khác | % | 0.50 | | 3,264 | | |
| | | *B. Nhân công : 4,5/7* | công | 0.65 | 16,914 | 10,994 | | |
| | | *C. Máy thi công :* | | | | 170.651 | | |
| | | Cẩu 50T | ca | 0.042 | 1.639.226 | 68,847 | | |
| | | Máy bơm BT 50m$^3$/h | ca | 0.042 | 1.433.318 | 60,199 | | |
| | | Sà lan 400T | ca | 0.042 | 670,875 | 28,177 | | |
| | | Tàu kéo 150CV | ca | 0.013 | 775,474 | 10,081 | | |
| | | Máy khác | % | 2 | | 3,346 | | |
| 5 | HD,1140 | Sản xuất bêtông qua dây chuyền trạm trộn | m$^3$ | | | 10,880 | 276.8 | 3,011,473 |
| | | *B- Nhân công* | | | | 555 | | |
| | | Nhân công 3/7 | công | 0.04 | 13,878 | 555 | | |
| | | *C- Xe máy* | | | | 10,325 | | |
| | | Trạm trộn 60m$^3$/h | ca | 0.0058 | 1.618.214 | 9,386 | | |
| | | Máy khác | % | 10 | | 939 | | |
| | | | | | | | | |
| 6 | HD.2430 | Vận chuyển BT cự ly < 2km | m$^3$ | | | 16,667 | 276.80 | 4,613,426 |
| | | *C- Xe máy* | | | | | | |
| | | Ôtô chuyển trộn 10T | ca | 0.0239 | 697,345 | 16,667 | | |
| 7 | IA,6231 | Cốt thép cọc nhồi > D = 18mm | 1 tấn | | | 6.665.905 | 17.70 | 117,971,859 |
| | | *A. Vật liệu :* | | | | 5.908.533 | | |
| | | Thép tròn | kg | 1,020 | 5,581 | 5,692,569 | | |
| | | Dây thép | kg | 14.28 | 5,571 | 79,554 | | |
| | | Que hàn | kg | 10.5 | 7.420 | 77,910 | | |
| | | Vật liệu khác | % | 1 | | 58,500 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *B- Nhân công 4/7* | công | 11.88 | 15,344 | 182.287 | | |
| | | *C- Xe máy* | | | | 575.085 | | |
| | | Máy hàn 23kW | ca | 2.62 | 77,338 | 202,626 | | |
| | | Máy cắt uốn | ca | 0.16 | 39,789 | 6,366 | | |
| | | Cẩu 16T | ca | 0.06 | 774,540 | 46,472 | | |
| | | Cẩu 25T | ca | 0.14 | 1.120.935 | 156,931 | | |
| | | Sà lan 200T | ca | 0.14 | 325,023 | 45,503 | | |
| | | Sà lan 400T | ca | 0.14 | 670,875 | 93,923 | | |
| | | Tàu kéo 150CV | ca | 0.03 | 775,474 | 23,264 | | |
| 8 | NA.2210 | Sản xuất ống vách | 1 tấn | | | 4.895.393 | 21.70 | 106,230,032 |
| | | *A. Vật liệu :* | | | | 4.198.002 | | |
| | | Thép tấm 10ly | kg | 1,025 | 3,905 | 4,002,625 | | |
| | | Ôxy | chai | 0.078 | 39,000 | 3,042 | | |
| | | Đất đèn | kg | 0.062 | 7,200 | 446 | | |
| | | Que hàn | kg | 17.5 | 7,420 | 129,850 | | |
| | | Vật liệu khác | % | 1.5 | | 62,039 | | |
| | | *B- Nhân công 4,5/7* | công | 18.50 | 16,914 | 312.909 | | |
| | | *C- Xe máy* | | | | 384.482 | | |
| | | Máy hàn 23kW | ca | 4.37 | 77,338 | 337,967 | | |
| | | Máy cuốn ống | ca | 0.5 | 43,589 | 21,795 | | |
| | | Cẩu 16T | ca | 0.027 | 774,540 | 20,913 | | |
| | | Máy khác | % | 1 | | 3,807 | | |
| 9 | YG.15000 | Bốc dỡ ống vách lên xuống xe | T | | | 5,286 | 21.70 | 114,706 |
| | | *B. Nhân công : 0,062/10T×2* | | | | 181 | | |
| | | Nhân công 3,5/7 | công | 0.012 | 14,611 | 181 | | |
| | | *C. Máy : 0,031/10T × 2* | | | | 5,105 | | |
| | | Cẩu 16T | ca | 0.006 | 823,425 | 5,105 | | |
| 10 | TT | Vận chuyển ống vách đến công trường (30km) | ống | | | 737,098 | 1.00 | 737,098 |
| | | *C. Máy* | | | | | | |
| | | ÔTô đầu kéo 272CV | ca | 1.00 | 737,098 | 737,098 | | |
| 11 | HC.6410 | Vữa lấp ống kiểm tra | $m^3$ | | | 4.276.014 | 3.263 | 13,952,634 |
| | | *A. Vật liệu* | | | | 1.996.287 | | |
| | | Ximăng PC.40 | kg | 1,420 | 882 | 1,252,440 | | |
| | | Phụ gia Intraplast - Z *(giá hoá đơn)* | kg | 17.04 | 43,653 | 743,847 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *B. Nhân công* | | | | 547.781 | | |
| | | - Nhân công 4.0/7 | công | 35.7 | 15,344 | 547,781 | | |
| | | *C. Máy* | | | | 1.731.946 | | |
| | | Máy trộn vữa 80l | ca | 1.83 | 45,294 | 82,888 | | |
| | | Máy nén khí $10^{m3}$/ph | ca | 1.83 | 622,374 | 1,138,944 | | |
| | | Máy bơm vữa ximăng $9m^3$/h | ca | 1.83 | 221,778 | 405,854 | | |
| | | Máy bơm nước 20kW | ca | 0.5 | 107,630 | 53,815 | | |
| | | Máy khác | % | 3.0 | | 50,445 | | |
| Giá thành của 1 cọc khoan nhồi ϕ2000mm ; L = 80M | | | | | | | | 638.645.435 |
| Đơn giá bình quân tính cho 1m cọc | | | | | | | | 7.983.068 |

Tỷ lệ khấu trừ bao gồm:

- Phí hoạt động liên doanh 7%
- Phí trích nộp cho Tổng công ty 5%
- Nộp thuế 4%
- Phí điều hành thi công 1%
- Lợi nhuận của công ty 5%
- Chi phí đối ngoại 3%
- Chi phí kiểm tra chất lượng cọc 5.57%

Cộng 30.57%

# MỤC LỤC

# CỌC KHOAN NHỒI TRONG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

*(Tái bản)*

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

**TRỊNH XUÂN SƠN**

| | |
|---|---|
| *Biên tập :* | NGUYỄN MINH KHÔI |
| *Chế bản điện tử :* | VŨ HỒNG THANH |
| *Sửa bản in :* | NGUYỄN MINH KHÔI |
| *Trình bày bìa :* | NGUYỄN HỮU TÙNG |

In 300 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 21-2010/CXB/90-64/XD ngày 30-12-2009. Quyết định xuất bản số 317/QĐ-XBXD ngày 18-10-2010. In xong nộp lưu chiểu tháng 10-2010.